



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 692 33 314 T2** 2005.03.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 536 790 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **692 33 314.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **92 117 328.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.10.1992**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.04.1993**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.03.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01L 21/76**

**H01L 21/20, H01L 21/306**

(30) Unionspriorität:

**29225591**      **11.10.1991**      **JP**

**29225691**      **11.10.1991**      **JP**

**33457491**      **25.11.1991**      **JP**

**3573292**      **28.01.1992**      **JP**

**4195192**      **31.01.1992**      **JP**

**4630192**      **31.01.1992**      **JP**

(73) Patentinhaber:

**Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Ichikawa, Takeshi, Tokyo 146, JP; Yonehara,  
Takao, Tokyo 146, JP; Sakamoto, Masaru, Tokyo  
146, JP; Naruse, Yasuhiro, Tokyo 146, JP;  
Nakayama, Jun, Tokyo 146, JP; Yamagata, Kenji,  
Tokyo 146, JP; Sakaguchi, Kiyofumi, Tokyo 146,  
JP**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Halbleiter-Produkten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels zur Bildung von Halbleitervorrichtungen, wie integrierte Schaltungen, Halbleiterlaser und Licht-emittierende Dioden, und insbesondere auf ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels, das einen Schritt der Übertragung einer Halbleiterschicht, die auf einem Substrat gebildet ist, auf die Oberfläche von einem anderen Substrat einschließt.

**Stand der Technik**

**[0002]** Der Ausdruck "Halbleiterartikel" wird hierin verwendet, um auf einen Halbleiterwafer, ein Halbleitersubstrat, ein Halbleitersubstratmaterial, eine Halbleitervorrichtung, und ähnliches Bezug zu nehmen. Nicht nur die, die Halbleitervorrichtungen aufweisen, die in ihren Halbleiterbereichen gebildet werden, aber auch die, die vor der Herstellung der Vorrichtung hergestellt werden und keine Vorrichtungen aufweisen, sind in das eingeschlossen, was dieser Begriff impliziert.

**[0003]** Unter derartig verschiedenen Halbleiterartikeln, schließen einige Halbleiterartikel eine Halbleiterschicht auf einem isolierenden Material ein. Die Bildung einer monokristallinen Silicium- (Si) -Halbleiterschicht auf isolierendem Material ist weithin bekannt als die Silicium auf einem Isolator ((SOI) = silicon on insulator) Technologie. Die Vorrichtungen, die die SOI Struktur verwenden, zeigen eine große Anzahl an Vorteilen, die nicht durch Vorrichtungen erreicht werden können, die einfach aus Bulk-Silicium-Substraten zur Herstellung von üblichen integrierten Siliciumschaltungen hergestellt werden. Daher sind viele Untersuchungen vorgenommen worden. Spezieller, indem eine SOI Struktur verwendet wird, können folgende Vorteile erhalten werden:

1. Die dielektrische Isolation kann leicht hergestellt werden, um einen hohen Grad der Integration zu ermöglichen.
2. Die Härte gegen Bestrahlung ist ausgezeichnet.
3. Die Streukapazität kann reduziert werden, um eine hohe Betriebsgeschwindigkeit zu erhalten.
4. Der Wellbildungsschritt kann weggelassen werden;
5. Ein Latch-up wird verhindert; und
6. Vollständig verarmte Feldeffekttransistoren können durch Dünnschichtbildung erhalten werden.

**[0004]** Um die vielen Vorteile bei den Eigenschaften der Vorrichtung, wie oben beschrieben, zu realisieren, sind Studien über das Verfahren zur Bildung der SOI Struktur über 10 Jahre gemacht worden.

**[0005]** Zum Beispiel eine typische Technologie ist die SOS (silicon on sapphire = Silicium auf Saphir) Struktur durch Heteroepitaxie von Silicium auf einem monokristallinen Saphirsubstrat durch das CVD (chemical vapor deposition = chemische Dampfabcheidung) Verfahren. Obwohl dies in einem gewissen Ausmaß als die am meisten ausgereifte Technik erfolgreich gewesen ist, gibt es immer noch viele Probleme, die gelöst werden müssen, um diese Technologie auf viele Anwendungen anzuwenden. Zum Beispiel gibt es eine große Anzahl an Kristalldefekten aufgrund der Gitterfehlانpassung an der Grenzfläche zwischen der Siliciumschicht und dem Saphirsubstrat. Ein anderes Problem ist die Einführung von Aluminium von dem Saphirsubstrat in die Siliciumschicht. Des weiteren sind die signifikantesten Probleme die hohen Kosten des Substrats und die Verzögerung bei der Verfügbarkeit von Substratwafern von großer Größe. Entsprechend ist in den letzten Jahren versucht worden die SOI Struktur ohne Gebrauch eines Saphirsubstrat zu realisieren. Derartige Versuche können in die folgenden zwei Verfahren eingeteilt werden:

- (1) Nach der Oberflächenoxidation eines monokristallinen Siliciumsubstrats wird ein Fenster gebildet, um das Siliciumsubstrat teilweise zu exponieren und epitaxiales Wachstum wird in der lateralen Richtung durchgeführt, um den exponierten Teil des Siliciums als eine Einimpfung zu verwenden, um eine monokristalline Siliciumschicht auf  $\text{SiO}_2$  zu bilden (in diesem Fall wird sie von einer Abscheidung der Siliciumschicht auf  $\text{SiO}_2$  begleitet).
- (2) Bei der Verwendung von monokristallinem Siliciumsubstrat selbst als aktive Schicht, wird  $\text{SiO}_2$  dazwischen gebildet. (Diese Verfahren wird von keiner Abscheidung einer Siliciumschicht begleitet).

**[0006]** Als ein Mittel zur Realisierung des obigen (1), ist hier das Verfahren bekannt, bei dem eine monokristalline Siliciumschicht direkt durch laterales epitaxiales Gasphasen-Wachstum durch CVD gebildet wird, wobei das Verfahren, bei dem amorphes Silicium abgeschieden wird und die resultierende amorphe Schicht wird dem

lateralen epitaxialen Festphasenwachstum mittels Wärmebehandlung unterworfen, des Verfahrens, bei dem eine abgeschiedene Schicht aus amorphen oder polykristallinem Silicium mit einer Energie eines fokussierten Strahls, wie einem Elektronenstrahl, Laserstrahl etc. bestrahlt wird, um zu schmelzen und sie in eine monokristalline Schicht auf  $\text{SiO}_2$  umzukristallisieren und das Verfahren bei dem eine Zone einer amorphen Schicht durch eine stabförmige Heizvorrichtung geschmolzen wird und der geschmolzene Bereich wird abgetastet (Umkristallisation durch Zonenschmelz). Diese Verfahren haben beide Vorteile und Nachteile, sie haben noch viele Probleme in Bezug auf die Kontrollierbarkeit, Produktivität, Einheitlichkeit und Qualität und keines von ihnen ist bis heute industriell angewendet worden. Zum Beispiel erfordert das CVD Verfahren eine Opferoxidation für die flache Dünnschichtbildung, während die Kristallinität schlecht beim Festphasenwachstumsverfahren ist. Auf der anderen Seite bei dem Strahltemperverfahren treten Probleme bei der Kontrollierbarkeit, wie der Behandlungszeit beim konvergierten Strahlabtasten, Überlappen von Strahlen, der Fokuseinstellung etc. auf. Unter diesen ist das Verfahren der Umkristallisierung mittels dem Zonenschmelzen, das ausgereifteste und eine integrierte Schaltung von relativ großem Ausmaß ist experimentell hergestellt worden, aber es bleibt stets eine große Anzahl an Kristalldefekten, wie Punktdefekte, Liniendefekte, Defekte der Gleichmäßigkeit (subboundary = untere Grenze) etc., und irgendeine Vorrichtung, die mit Minoritätsträgern arbeitet, ist noch nicht verwirklicht worden.

**[0007]** Bezugnehmend auf das Verfahren, das kein Siliciumsubstrat als Keim für das epitaxiale Wachstum gemäß dem obigen Verfahren (2) verwendet, können die folgenden drei Verfahren eingeschlossen werden.

**[0008]** (2-1) Ein Oxidfilm wird auf einem monokristallinen Siliciumsubstrat mit V-Rillen anisotropisch auf die Oberfläche geätzt, dann wird eine polykristalline Siliciumschicht auf die Dicke des Oxidfilm auf das Ausmaß wie das Siliciumsubstrat abgeschieden und danach werden durch Polieren des Siliciumsubstrat von der Rückseite die monokristallinen Siliciumbereiche dielektrisch durch Umrunden der V-Rillen getrennt, die auf der dicken polykristallinen Siliciumschicht gebildet sind.

**[0009]** Bei diesem Verfahren, obwohl die Kristallinität gut ist, gibt es Probleme in Bezug auf die Kontrollierbarkeit und Produktivität beim Schritt der Abscheidung des polykristallinen Siliciums in einer Dicke von einigen hundert Mikrometern und beim Schritt, worin das monokristalline Siliciumsubstrat von der rückwärtigen Oberfläche poliert wird, so dass nur die aktive Siliciumschicht als getrennt verbleibt.

**[0010]** (2-2) Dies ist ein Verfahren, das SIMOX (Separation by ion-implanted oxygen = Trennung durch Ionen-implantierten Sauerstoff) genannt wird, bei dem eine  $\text{SiO}_2$  Schicht im Inneren eines monokristallinen Siliciumsubstrats durch implantierte Sauerstoffatome in das monokristalline Siliciumsubstrat gebildet wird, das eines der ausgereiftesten Verfahren auf Grund der guten Anpassung an das Si-IC (Integrated Circuit = Integrierte Schaltung) Verfahren ist.

**[0011]** Jedoch zur Bildung der  $\text{SiO}_2$  Schicht, werden  $10^{18}$  Ionen/ $\text{cm}^2$  oder mehr an Sauerstoffionen benötigt, um implantiert zu werden und die Implantationszeit ist zu lang, um gut bei der Produktivität zu sein und auch die Waferkosten sind zu hoch. Des weiteren wird von einem industriellen Standpunkt eine ausreichend gute Qualität nicht erreicht, um eine Vorrichtung herzustellen, die mit Minoritätsträgern arbeitet, weil viele Kristalldefekte zurückbleiben.

**[0012]** (2-3) Dies ist das Verfahren zur Bildung einer SOI-Struktur durch dielektrische Isolation, gemäß der Oxidation von porösen Silicium. Bei diesem Verfahren werden Inseln einer Siliciumschicht vom n-Typ auf der Oberfläche eines monokristallinen Siliciumsubstrats vom p-Typ durch die Implantation von Portonenionen (Imai et al., J. Crystal growth, Band 63, 547 (1983)) oder durch epitaxiales Wachstum in Verbindung mit dem Mustern gebildet. Dann wird nur das Siliciumsubstrat vom p-Typ durch Anodisierung in einer HF Lösung porös gemacht, wobei die Siliciuminseln von der Oberfläche umschlossen werden. So werden die Siliciuminseln vom n-Typ dielektrisch durch beschleunigte Oxidation isoliert.

**[0013]** Bei diesem Verfahren wird die mögliche Größe der getrennten Siliciumbereiche auf den Bereichen von einigen Mikrometern bis einigen hundert Mikrometern beschränkt. Diese Begrenzung führt zu signifikanten Problemen bei dem Verfahren der Herstellung und Gestaltung der Vorrichtung. Daneben verbleibt hier eine große Belastung bei den Siliciuminseln, die zu einer großen Anzahl an Kristalldefekten führt.

**[0014]** Des weiteren gibt es hier einige Probleme bei dem Verfahren zur Entfernung der porösen Schichten durch chemisches Ätzen, was durch das Verfahren (2-3) oben beschrieben wird.

**[0015]** Im allgemeinen wird Porosität definiert durch:

$$P = (2,33 - A) / 2,33 \quad (1)$$

**[0016]** Dieser Wert der Porosität kann während der Anodisierung geändert werden. Die Porosität kann auch beschrieben werden durch

$$P = (m_1 - m_2) / (m_1 - m_3) \quad (2)$$

oder

$$P = (m_1 - m_2) / \rho A t \quad (3)$$

worin  $m_2$ : Gesamtes Gewicht vor der Anodisierung

$m_3$ : Gesamtes Gewicht nach der Anodisierung

$\rho$ : Dichte des monokristallinen Siliciums

$A$ : Fläche des porösen Bereichs

$t$ : Dicke des porösen Siliciums

**[0017]** Jedoch kann die Fläche des porösen Bereichs in vielen Fällen nicht genau berechnet werden. In diesem Fall, obwohl die Gleichung (2) gültig ist, muß das poröse Silicium geätzt werden, um die Messung des Werts  $m_3$  zu vollenden.

**[0018]** Auf der anderen Seite ist während des epitaxialen Wachstums auf dem porösen Silicium, das poröse Silicium in der Lage die Verformung auszugleichen, die während des heteroepitaxialen Wachstums hergestellt wird und der Unterdrückung der Bildung von Defekten. Auch in diesem Fall ist es klar, dass die Porosität ein sehr wichtiger Parameter ist, so dass die Messung der Porosität notwendig und unerlässlich ist.

**[0019]** Es sind die folgenden Verfahren zum Ätzen von porösen Silicium bekannt:

**[0020]** (2-3-1) Das Verfahren zum Ätzen von porösen Silicium mit einer wässrigen NaOH Lösung (G. Bonchil, R. Herino, K. Barla und J. C. Pfister, J. Electrochem. Soc., Band 130, Nr. 7, 1611 (1983)).

**[0021]** (2-3-2) Das Verfahren zum Ätzen von porösen Silicium mit einer Ätzlösung, die in der Lage ist monokristallines Silicium zu ätzen.

**[0022]** Bei dem obigen Verfahren (2-3-2) wird im allgemeinen eine Ätzlösung vom Fluorsalpetersäuretyp (Fluoronitric-acidtype) verwendet und das Ätzen des Silicium schreitet voran wie folgt:



**[0023]** Wie bei den obigen Reaktionsformeln gezeigt, wird Si zu  $\text{SiO}_2$  oxidiert und das resultierende  $\text{SiO}_2$  wird mit Fluorwasserstoffsäure geätzt, so dass Si geätzt wird.

**[0024]** Zusätzlich zu dem Ätzmittel für Siliciumkristall, das oben beschrieben wird, sind andere Ätzmittel bekannt, wie vom Ethylendiamintyp, KOH-Typ und Hydrazin-Typ.

**[0025]** Die Ätzlösungen gemäß dem obigen Verfahren (2-3-2) ätzt das kristalline Silicium so gut wie poröses Silicium. Daher, um das selektive Ätzen des porösen Silicium zu vollenden, ist es notwendig, die Ätzlösung auszuwählen, die in der Lage ist das poröse Silicium anders als die für kristallines Silicium, die oben beschrieben sind, zu ätzen. So ist nur wässrige NaOH Lösung verwendet worden, um poröses Silicium zu ätzen.

**[0026]** Jedoch bei dem üblichen Verfahren des selektiven Ätzens des porösen Siliciums mit einer wässrigen NaOH Lösung werden Na Ionen unausweichlich von der geätzten Oberfläche adsorbiert. Die Na Ionen verursachen die erste Verunreinigungs-kontamination, was zu einem Grenzflächen-Zustand führt. So müssen die Na Ionen daran gehindert werden in das Halbleiterverfahren eingeführt zu werden.

**[0027]** Zusätzlich, wie oben diskutiert, hat das Verfahren (2-3) signifikante Probleme, so dass die Größe des monokristallinen Silicium auf  $10 \times 10 \mu\text{m}$  im Quadrat beschränkt ist (G. Bomchil und A. Halimaoui, "Poröses Silicium: Das Material und seine Anwendung auf die SOI Technologien", Mikroelectronic Engineering, 8 (1998),

Seiten 293 – 310) und das Substrat wird verzogen. Im Hinblick auf diese Probleme, entwickelten die Erfinder ein Verfahren zur Bildung einer monokristallinen Siliciumschicht auf einem isolierenden Material, wobei die große Verbesserung der üblichen Technologien typischer Weise das Verfahren (2-3) einschließt.

**[0028]** The Patent Abstracts of Japan, Band 14, Nr. 580, (E-1017), der zu JP-A-2 252 265 korrespondiert, offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Dünnschichtsubstrats, worin ein erstes Substrat, das entfernt werden soll, mit einer Dünnschicht vom N-Typ und einer isolierenden Schicht versehen ist, ein zweites Substrat (das verbleibende) ist mit einer isolierenden Schicht versehen, wobei beide Substrate mit einander über die isolierenden Schichten gebondet sind und darauf folgend wird das erste Substrat durch Schleifen dünn und porös gemacht und entfernt.

**[0029]** Gemäß der FR-A-2 232 080 wird das erste Substrat mit einer isolierenden Schicht aus  $\text{SiO}_2$  versehen, wobei diese Schicht durch bereitgestellte Rillen gemustert wird, die mit monokristallinem Si gefüllt sind, worauf folgend das erste Substrat auf das zweite Substrat gebondet wird, das mit einer isolierenden Schicht, die aus Glas gemacht ist, versehen ist und einer Haftschrift, die aus Glas gemacht ist und nach dem Bonden wird das erste Substrat entfernt.

**[0030]** Das EP-A- 0 209 173 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von SOI, worin zwei Substrate beide mit einer isolierenden Schicht versehen sind, die miteinander gebondet sind, dann wird ein Teil von einem der Substrate weggeätzt, um einen Dünnschicht-Halbleiter zu erhalten oder eine epitaxial gewachsene Schicht wird zwischen einer der Substratschichten und der isolierenden Schicht angeordnet und dann wird diese Substratschicht geätzt. Des weiteren können abgetrennte oder isolierende Halbleiterbereiche nach dem Bonden gebildet werden.

**[0031]** H. Baumgart et al. beschreibt in " Materials Research Society Symposium", Band 33, Seiten 63 – 68 die Herstellung von SOI Strukturen, die epitaxiales Wachstum von Si Filmen auf porösen Silicium verwendet und darauf folgend eine verstärkte Oxidation von dem porösen Substrat.

**[0032]** Die EP-A-0 449 589 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer SOI Struktur, dass die Schritte ein Siliciumsubstrat porös zu machen, die Bildung eines einkristallinen Siliciumkristalls auf dem porösen Substrat und dem Oxidieren des porösen Siliciumsubstrats aufweist, um eine Halbleiterschicht zu bilden, die eine gute Kristallinität auf einem isolierenden Träger aufweist.

**[0033]** Des weiteren beschreibt die EP-A-0 469 630 einen Stand der Technik innerhalb der Bedeutung von Art. 54 (3) & (4) EPÜ wiedergibt, ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterelements, das die Schritte der Bildung eines ersten Substrats, das eine nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht auf einer porösen monokristallinen Halbleiterschicht aufweist, dem Bonden der Oberfläche eines zweiten Substrats, das eine isolierende Oberfläche auf der Oberfläche der nicht porösen Halbleiterschicht auf dem ersten Substrat aufweist und dann dem Entfernen der porösen monokristallinen Halbleiterschicht durch Ätzen, aufweist.

**[0034]** Die **Fig. 1A** bis **1D** sind schematische Schnittansichten, die Verfahren zur Bildung einer monokristallinen Siliciumschicht auf einem isolierenden Material zeigen. Ein  $200\text{ }\mu\text{m}$  dickes Siliciumsubstrat vom p-Typ (nicht gezeigt) wird mit einem Strom von der Stromdichte von  $100\text{ mA/cm}^2$  in einer 50 % Fluorwasserstoffsäure Lösung für 24 Minuten anodisiert, dann werden alle Teile von dem Siliciumsubstrat vom p-Typ porös, so dass das poröse Siliciumsubstrat **1** erhalten wird, wie in **Fig. 1A** gezeigt. Als nächstes wird eine epitaktische Schicht **2** auf dem porösen Siliciumsubstrat **1** wachsen gelassen.

**[0035]** Nach diesem wird ein Quarzsubstrat **3** hergestellt und die epitaktische Schicht **2** auf dem porösen Siliciumsubstrat wird auf dieses Quarzsubstrat **3** gebondet, wie in **Fig. 1B** gezeigt. Dann wird das gebondete poröse Siliciumsubstrat entfernt, während die monokristalline epitaktische Schicht **2** auf dem Quarzsubstrat **3** verbleibt, wie in **Fig. 1C** gezeigt. Des weiteren wie in **Fig. 1D** gezeigt, wird die epitaktische Schicht teilweise geätzt, um in die isolierenden Elemente geteilt zu werden, das heißt, dass die epitaktische Schicht **2** in die epitaktischen Schichten **2a-2c** geteilt wird.

**[0036]** Unglücklicher Weise hat das Verfahren zur Bildung einer monokristallinen Siliciumschicht auf einem isolierenden Material, wie oben beschrieben, das Problem, dass es eine lange Zeit bedarf, um das Verfahren der Bildung des porösen Siliciumsubstrats **1** durchzuführen, weil es erforderlich ist, dass gesamte Siliciumsubstrat vom p-Typ in das poröse Material umzuwandeln. Dies ist eines der Probleme, die verbessert werden sollen.

**[0037]** Ein anderes Problem, das gelöst werden soll, sind die hohen Kosten auf Grund der Tatsache, dass ein Siliciumsubstrat vom p-Typ nur einmal verwendet werden kann, weil das gesamte Siliciumsubstrat vom p-Typ weggeätzt werden muß, nachdem es in ein poröses Material anodisiert wurde.

**[0038]** Bei der Technologie von "SOI mit einem gebondeten Substrat", das typischer Weise das Verfahren (2-3) einschließt, ist das Verfahren zum Dünnermachen eines Siliciumsubstrats wichtig. Das heißt, es ist notwendig ein Siliciumsubstrat, das eine große Dicke wie einige hundert Mikrometer aufweist, auf eine sehr geringe Dicke von einigen Mikrometern oder weniger als einen Mikrometer mit einer sehr guten Einheitlichkeit bei der resultierenden Dicke mittels Polieren oder Ätzen dünner zu machen. Dies weist eine signifikante technische Schwierigkeit bei der Kontrollierbarkeit und der Einheitlichkeit der resultierenden Dicke auf. Auch zwischen verschiedenen SOI Technologien kann dieses Verfahren die höchste Qualität an eine dünne monokristalline Schicht verleihen, wobei diese Technologie nicht in Gebrauch für die Herstellung ist, auf Grund ihrer Schwierigkeit beim Kontrollieren der Dicke.

**[0039]** Wenn ein isolierendes Material anders als Silicium für ein Substrat verwendet wird, um eine Siliciumschicht zu tragen, gibt es ein anderes wichtiges Problem bei dem SOI mit einem gebondeten Substrat, dass die Belastung aus dem Unterschied beim thermischen Ausdehnungskoeffizient zwischen der Siliciumschicht und dem isolierenden Substrat, das die Siliciumschicht trägt, resultiert. Eine derartige Belastung geschieht fast niemals, wenn ein Siliciumsubstrat als ein tragendes Substrat verwendet wird (das heißt, Silicium wird auf ein Siliciumsubstrat gebondet), aber wenn ein isolierendes Substrat anders als Silicium, wie Glas als tragendes Element verwendet wird, treten hier einige Probleme während der Wärmebehandlung bei ungefähr 1000 °C auf, um die Bondingstärke zu steigern, nach dem zwei Substrate gebondet sind. Zum Beispiel kann hier ein Verziehen oder ein Brechen in dem Substrat mit zwei gebondeten Materialien auftreten oder ein Substrat kann vom anderen Substrat weg kommen, auf Grund des Unterschieds bei den thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen den zwei Substraten. Es gibt einige Beispiele, die versuchen ein Material zu synthetisieren, das einen thermischen Ausdehnungskoeffizient aufweist, der nahe dem von Silicium ist, zur Verwendung als Trägersubstrat, aber nach unsere Kenntnis weisen diese Materialien keine gute Widerstandsfähigkeit gegenüber von Wärme auf und sie können nicht hohen Temperaturen zur Behandlung, um die Bondingstärke zu verstärken oder für Verfahren zur Herstellung von einer Vorrichtung, standhalten. Falls die Dicke des Siliciumsubstrats dünner ist, dann gibt es weniger Möglichkeit des Verziehens oder Brechens bei dem Substrats oder der Trennung der zwei Substrate während der Wärmebehandlung. Jedoch, selbst wenn nur ein 0,1 µm dicker monokristalliner Siliciumfilm zu Verziehung führt, was groß genug ist, um einige Fehler bei der Photomaskenausrichtung nach der Wärmebehandlung bei den üblichen Verfahren bei der Halbleiterherstellung zu ermöglichen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0040]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterartikeln zur Verfügung zu stellen, die nicht derartige technische Probleme aufweisen, wie oben beschrieben.

**[0041]** Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterartikeln, die eine Halbleiterschicht von hoher Qualität auf einer isolierenden Schicht aufweisen, mit einer hohen Herstellungsausbeute bei niedrigen Kosten, ohne komplizierte Verfahren der Herstellung, zur Verfügung stellen.

**[0042]** Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels, worin zwei Substrate von großer Größe leicht aneinander mit fast keinen Fehlstellen oder sehr geringen Anzahl an Fehlstellen zwischen den Substraten gebondet werden, zur Verfügung zu stellen.

**[0043]** Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels zur Verfügung zu stellen, worin zwei Substrate, die verschiedene thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, leicht aneinander gebondet werden.

**[0044]** Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels zur Verfügung zu stellen, worin eines der zwei Substrate, die aneinander gebondet sind, leicht vom anderen Substrat, ohne das Auftreten eines Brechens, Trennung oder Verziehen bei der Halbleiterschicht, die auf das Substrat übertragen wurde, entfernt wird.

**[0045]** Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels zur Verfügung zu stellen, worin die dielektrische Isolation leicht zwischen vielen aktiven Bereichen hergestellt werden kann, wobei eine gute Ebenheit der Halbleiterschichten erhalten bleibt.

**[0046]** Es ist weiter eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines SOI Halbleiterartikels mit Halbleiterschichten, die eine ausgezeichnete Kristallinität und fast keine Defekte aufweist, bereitzustellen.

**[0047]** Um die obigen Aufgaben zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung ein Herstellungsverfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels zur Verfügung, wie in Anspruch 1 beansprucht. Das vorliegende Herstellungsverfahren weist grundsätzlich die folgenden Schritte auf- Bereitstellen eines ersten Substrats, das eine nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht auf einem porösen Halbleiterbereich aufweist; Bonden des ersten Substrats auf ein zweites Substrat; Entfernen des porösen Halbleiterbereichs in dem Zustand, dass die Halbleiterschicht auf das zweite Substrat gebondet wird, um dadurch die Halbleiterschicht auf das zweite Substrat zu übertragen; und Teilen der Halbleiterschicht in eine Vielzahl an Inselbereiche vor dem Schritt des Bondens des ersten Substrats auf das zweite Substrat.

**[0048]** Bei der vorliegenden Erfindung, wie oben beschrieben, kann ein Verziehen und Abschälen der Halbleiterschicht verhindert werden, weil die Halbleiterschicht, die übertragen werden soll, in viele Halbleiterbereiche sowohl vor oder nach dem Übertragen der Halbleiterschicht geteilt wird.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0049]** Die **Fig. 1A bis 1D** sind schematische Wiedergaben der erfindungsgemäßen Grundverfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels;

**[0050]** Die **Fig. 2** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit 49 % HF : Alkohol : 30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10 : 6 : 50) zeigt;

**[0051]** Die **Fig. 3** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF : Alkohol : 30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10 : 6 : 50) zeigt;

**[0052]** Die **Fig. 4** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF :  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 : 5) zeigt;

**[0053]** Die **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF : Alkohol (5 : 3) zeigt;

**[0054]** Die **Fig. 6** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF zeigt;

**[0055]** Die **Fig. 7** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF : Alkohol (5 : 3) zeigt;

**[0056]** Die **Fig. 8** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF :  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 : 5) zeigt;

**[0057]** Die **Fig. 9** ist ein Diagramm, das die Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF zeigt;

**[0058]** Die **Fig. 10A und 10B** sind schematische Wiedergaben der zwei Anodisierungsapparate zum Gebrauch in der vorliegenden Erfindung.

**[0059]** Die **Fig. 11A bis 11G** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung;

**[0060]** Die **Fig. 12** ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Beispiels eines Halbleiterartikels gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0061]** **Fig. 13** ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Beispiels eines Halbleiterartikels gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0062]** Die **Fig. 14A bis 14G** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung;

**[0063]** **Fig. 15** ist eine schematische perspektivische Ansicht eines anderen Beispiels eines Halbleiterartikels gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0064]** **Fig. 16** ist eine schematische perspektivische Ansicht eines anderen Beispiels eines Halbleiterartikels gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0065]** Die **Fig. 17A bis 17D** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 3 der vorliegenden Erfindung;

**[0066]** Die **Fig. 18A bis 18D** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 4 der vorliegenden Erfindung;

**[0067]** Die **Fig. 19A bis 19D** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 5 der vorliegenden Erfindung;

**[0068]** Die **Fig. 20A bis 20E** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 6 der vorliegenden Erfindung;

**[0069]** Die **Fig. 21 bis 26** sind schematische Wiedergaben der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Halbleiterartikels gemäß der Ausführungsform 7 der vorliegenden Erfindung;

**[0070]** Die **Fig. 27A bis 27C** sind schematische Wiedergaben des Beispiels gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0071]** Die **Fig. 28A bis 28E** sind schematische Wiedergaben des Beispiels **20** gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0072]** Die **Fig. 29A bis 29E** sind schematische Wiedergaben des Beispiels **21** gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0073]** Die **Fig. 30A bis 30E** sind schematische Wiedergaben des Beispiels **23** gemäß der vorliegenden Erfindung;

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0074]** Im folgenden werden einige erfindungsgemäßen Ausführungsformen beschrieben werden, aber diese Erfindung ist nicht auf diese beschränkt und es sollte verstanden werden, dass es andere Modifikationen gibt, die die vorliegende Erfindung lösen, und die innerhalb des Schutzbereichs der Ansprüche fallen.

**[0075]** Eine erfindungsgemäße Ausführungsform schließt einen Schritt zur Übertragung einer Halbleiterschicht ein, die auf einem porösen Halbleitersubstrat auf einem anderen Substrat gebildet ist. In diesem Fall ist es bevorzugt ein selektives Ätzen zu verwenden, um nur das poröse Halbleitermaterial zu entfernen. Daher werden die selektiven Technologien des Ätzens für die vorliegende Erfindung zuerst beschrieben werden.

### Selektives Ätzen

**[0076]** Es gibt einige Ätzmittel zum selektiven Ätzen, wie Fluorwasserstoff Salpeter Essigsäure, Fluorwasserstoffsäure (HF) und gepufferte Fluorwasserstoffsäure (BHF) (BHF = buffered hydrofluoric acid). Diese Ätzmittel können zusammen mit Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) oder einem Alkohol, wie erforderlich, verwendet werden.

**[0077]** In dem Fall der Fluorwasserstoffsäure, kann die HF Konzentration bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 95 %, besonders bevorzugt im Bereich von 5 bis 90 % und ganz besonders bevorzugt in dem Bereich von 5 bis 80 % liegen. Falls gepufferte Fluorwasserstoffsäure als Ätzmittel verwendet wird, kann die HF Konzentration bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 95 %, besonders bevorzugt im Bereich von 1 bis 85 % und ganz besonders bevorzugt in dem Bereich von 1 bis 70 % liegen, und die  $NH_4F$  Konzentration kann bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 95 %, besonders bevorzugt im Bereich von 5 bis 90 % und ganz besonders bevorzugt in dem Bereich von 5 bis 80 % liegen. Bei den Ätzmitteln kann die  $H_2O_2$  Konzentration bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 95 %, besonders bevorzugt im Bereich von 5 bis 90 % und ganz besonders bevorzugt in dem Bereich von 10 bis 80 % liegen. Die  $H_2O_2$  Konzentration sollte auf einen effektiven Wert innerhalb des oben beschriebenen Bereichs eingestellt werden. Des weiteren kann die Alkoholkonzentration bevorzugt weniger als 80 %, besonders bevorzugt weniger als 60 % und ganz besonders bevorzugt weniger als 40 % sein. Die Alkoholkonzentration sollte auch auf einen effektiven Wert innerhalb des oben beschriebenen Bereichs eingestellt werden.

**[0078]** Bei dem Ätzschritt wirkt  $H_2O_2$  als Oxidationsmittel für ein Silicium- Halbleitermaterial und es ist möglich die Reaktionsrate durch Änderung der  $H_2O_2$  Konzentration zu kontrollieren. Auf der anderen Seite wirkt Alkohol



als Oberflächen-aktives Mittel und entfernt sofort Blasen von gasförmigen Produkten, die durch eine Ätzreaktion gebildet werden, was zu einer guten Einheitlichkeit und hohen Effizienz bei dem selektiven Ätzen des porösen Siliciummaterials führt.

**[0079]** Als ein Beispiel eines Verfahrens zum ausschließlichen selektiven Ätzen nur von porösen Silicium, wird als nächstes ein stromloses nass-chemisches Ätzverfahren beschrieben werden.

**[0080]** Fig. 2 ist ein Diagramm einer Ätztiefe von porösem und monokristallinem Silicium als eine Funktion der Ätzzeit, wenn sowohl poröses als auch monokristallines Silicium eingetaucht wird, ohne in der Mischungslösung aus 49% HF, einem Alkohol und 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  gerührt zu werden. Hier wurde das poröse Silicium, das für dieses Experiment verwendet wird, durch Anodisierung eines monokristallinen Siliciummaterials unter den Bedingungen hergestellt, wie unten gezeigt wird:

Angelegte Spannung: 2,6 V

Stromdichte:  $30 \text{ mA} \cdot \text{m}^{-2}$

Anodisierungslösung:  $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 : 1$

Zeit: 2,4 Stunden

Dicke des porösen Si:  $300 \mu\text{m}$

Porosität: 56 %

**[0081]** Das Ausgangsmaterial zur Anodisierung, um poröses Silicium zu erhalten, ist nicht auf monokristallines Silicium beschränkt, aber ein anderer Typ an Siliciumkristall kann auch verwendet werden. Das poröse Silicium, das unter der obigen Bedingung hergestellt wurde, wurde ohne Rühren in die Mischungslösung aus 49% HF, einem Alkohol und 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10 : 6 : 50) bei Raumtemperatur getaucht, dann wurde die Abnahme bei der Dicke des porösen Siliciums durch eine Messung bestimmt. Wie in Fig. 2 (offene Kreise) gezeigt, wird das poröse Silicium sehr schnell geätzt und zum Beispiel wird es bei  $80 \mu\text{m}$  nach 40 Minuten,  $107 \mu\text{m}$  nach 80 Minuten jeweils mit ausgezeichnetem Oberflächenzustand und guter Einheitlichkeit bei der Dicke geätzt. Die Ätzrate hängt von der Konzentration des Ätzmittels und seiner Temperatur ab.

**[0082]** Bei dem Ätzen, wenn Wasserstoffperoxid zu dem Ätzmittel hinzugefügt wird, wird die Oxidation von Silicium beschleunigt und die chemische Reaktionsrate wird größer verglichen mit dem Fall von keiner Zugabe von Wasserstoffperoxid. Des weiteren kann die Reaktionsrate kontrolliert werden, indem die Menge des Wasserstoffperoxid geändert wird.

**[0083]** Auf der anderen Seite wurde auch  $500 \mu\text{m}$  dickes nicht poröses Silicium ohne Rühren in die Mischungslösung aus 49% HF, einem Alkohol und 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10 : 6 : 50) bei Raumtemperatur getaucht, dann wurde die Abnahme bei der Dicke des nicht porösen Siliciums durch eine Messung bestimmt. Das nicht poröse Silicium zeigte ein sehr leichtes Ätzen, so wenig wie  $50 \text{ \AA}$  selbst nach 80 Minuten (ausgefüllte Kreise).

**[0084]** Beim Ätzen, indem ein Ätzmittel verwendet wird, das Alkohol einschließt, können gasförmige Blasen von Gas, die während der Ätzreaktion erzeugt wurden, sofort von der Ätzoberfläche, ohne die Notwendigkeit des Rührens entfernt werden, so dass eine Einheitlichkeit und ein Ätzen mit hoher Effizienz des porösen Silicium erreicht wurde.

**[0085]** Nach dem Ätzen wurde das poröse Silicium und nicht poröse Silicium mit Wasser gewaschen und die Oberfläche von diesen Materialien wurde durch einen sekundären Ionenmassenspektrometer analysiert.

**[0086]** Die Konzentration des Ätzmittels und seine Temperatur können durch eine geeignete Ätzrate des porösen Siliciums und Selektivität bei der Ätzrate zwischen porösem Silicium und nicht porösen Silicium, die geeignet sind für praktische Herstellungsverfahren, bestimmt werden.

**[0087]** Andere folgende Ätzlösungen können auch für gutes selektives Ätzen verwendet werden, wie in den Fig. 3–9 gezeigt. Das heißt:

**[0088]** Die Fig. 3 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF : Alkohol : 30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10 : 6 : 50);

**[0089]** Die Fig. 4 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF :  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 : 5);

**[0090]** Die Fig. 5 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF : Alkohol (5 : 3);

**[0091]** Die Fig. 6 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit HF;

**[0092]** Die Fig. 7 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF : Alkohol (5 : 3);

**[0093]** Die Fig. 8 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1 : 5) ;

**[0094]** Die Fig. 9 zeigt Ätzeigenschaften des Ätzmittels mit BHF;

**[0095]** Die vorliegende Erfindung ist nicht nur auf Substrate in der Form einer Platte beschränkt, sondern ist auch anwendbar auf andere Substrate auf die Halbleitervorrichtungen angeordnet werden können, was zu ähnlicher Effektivität führt.

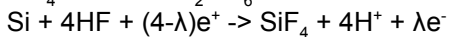
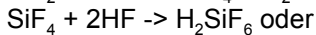
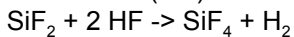
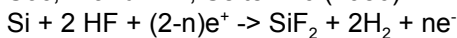
**[0096]** Bei dem selektiven Ätzen, kann die Ätztemperatur vorzugsweise in dem Bereich von 0 °C bis 100 °C besonders bevorzugt 5 °C bis 80 °C und ganz besonders bevorzugt 5 °C bis 60 °C bestimmt werden.

#### Verfahren zur Bildung von porösen Halbleitern

**[0097]** Nun wird das Verfahren zur Bildung eines porösen Halbleiters zur Verwendung in der vorliegende Erfindung als nächstes beschrieben.

**[0098]** Es ist möglich Siliciumsubstrate durch Anodisierung von ihnen in HF Lösung porös zu machen. Die Dichte des resultierenden porösen Silicium kann einen gewissen Wert in dem Bereich von 0,6 bis 1,1 g/cm<sup>3</sup> einnehmen, wobei sie von der Konzentration an HF abhängt, das in dem Bereich von 20 bis 50 sein kann, während die Dichte des monokristallinen Siliciums bei 2,33 g/cm<sup>3</sup> liegt. Ein derartiges poröses Siliciummaterial kann leicht erhalten werden, wenn ein Siliciumsubstrat vom p-Typ als Ausgangsmaterial aus den folgenden Gründen verwendet wird:

**[0099]** Das poröse Silicium wurde durch Uhler et al. in 1956 während der Studie des elektrolytischen Polierens des Halbleitermaterials entdeckt (A. Uhler, Bell Syst. Tech. J., Band 35, Seite 333 (1956)). Unagami et al. untersuchten Lösungsreaktionen von Si während der anodische Reaktion des Si in einer HF Lösung, die positive Löcher benötigt und sie schlußfolgerten, dass die Reaktion wie folgt geschieht (T. Unagami, J. Elektrochem. Soc., Band 127, Seite 476 (1980)):



n und λ sind die Anzahlen der Löcher, die benötigt werden, um ein Siliciumatom zu lösen und es wird berichtet, dass das poröse Silicium gebildet werden kann, wenn n > 2 oder λ > 4 ist.

**[0100]** Wenn die oben beschriebene Tatsache in Betracht gezogen wird, kann das Silicium vom p-Typ leicht porös gemacht werden, weil das Si vom p-Typ positive Löcher aufweist. Nagano und Imai verifizierten empirisch diese Selektivität bei der Umwandlung zu porösen Materialien (Nagano, Nakajima, Yauno, Onaka, Kajiwara, Technical Report, Band 79 SSD 79-9549 (1979), the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers; K. Imai Solid-State Electronics, Band 24, 159 (1981)).

**[0101]** Weil poröse Materialien eine große Anzahl von Fehlstellen einschließen, wird ihre Dichte geringer als die Hälfte von der der ursprünglichen Materialien sein. Als ein Ergebnis steigt das Verhältnis von Oberfläche zum Volumen extrem und die chemische Ätzrate wird auch extrem gesteigert, verglichen mit einer allgemeinen monokristallinen Siliciumschicht.

**[0102]** Ein detaillierteres Verfahren zur Herstellung des porösen Siliciums wird als nächstes unter Bezug auf Fig. 10A beschrieben werden. Zuerst wird monokristallines Silicium 200 vom p-Typ als Substrat hergestellt. Silicium vom N-Typ kann auch verwendet werden, aber sein Widerstand muss genug niedrig sein. Das Substrat wird in den Apparat 207 angeordnet, so dass eine der Oberflächen des Substrats mit der HF-basierenden Lösung 204 in Kontakt kommt. Die andere Oberfläche des Substrats hat einen Kontakt mit einer positiven metallischen Elektrode 205. Eine negative Elektrode 206 existiert in der Lösung, um die elektrische Verbindung zu ihr bereitzustellen. Die Fig. 10B zeigt einen alternativen Apparat 208, worin eine positive Spannung über die Lösung 204, die eine positive Elektrode 205 in ihr aufweist, bereitgestellt wird. In jedem Fall tritt die poröse Struktur an der Oberfläche der Seite der negativen Elektrode auf, die in Kontakt mit der Lösung steht. Als HF-basierende Lösung 204 wird im allgemeinen konzentrierte Fluorwasserstoffsäure (49 %) verwendet. Zugabe von Wasser zu der Lösung ist nicht erwünscht, weil das Ätzen auftreten wird, wenn die Lösung weiter ver-

dünnt wird, was von der Größenordnung des Stroms abhängt. Während der Anodisierung werden Gasblasen an der Oberfläche des Substrats **200** erzeugt. Um diese Gasblasen effektiv zu entfernen, kann Alkohol als oberflächenaktives Mittel hinzugefügt werden. Als Alkohol für diesen Zweck kann Methanol, Ethanol, Propanol, iso-Propanol und ähnliches verwendet werden. Alternativ, anstelle der Verwendung von Alkohol, kann ein Rührer verwendet werden, um die Lösung während der Anodisierung zu rühren. Für die negative Elektrode **206** wird ein Material, das einen Widerstand gegen Korrosion durch Fluorwasserstoffsäurelösung zeigt, verwendet, wie Gold (Au) und Platin (Pt). Übliche Metalle können für eine positive Elektrode **205** verwendet werden, aber es ist wünschenswert, dass die positive Elektrode mit einem metallischen Film beschichtet wird, der einen Widerstand gegen Korrosion durch eine Lösung aus Fluorwasserstoffsäure zeigt, weil die Lösung aus Fluorwasserstoffsäure **204** die positive Elektrode **205** erreicht, wenn das gesamte Substrat **200** vollständig anodisiert ist. Der maximale Anodisierungsstrom kann einige hundert mA/cm<sup>2</sup> sein, während der geringste Strom nicht null ist. Die bevorzugte Größenordnung des Anodisierungsstrom kann in dem Bereich festgesetzt werden, der ein Wachstum von einer epitaktischen Schicht von hoher Qualität auf dem anodisierten porösen Silicium erlaubt. Im allgemeinen, wenn die Anodisierung bei einer hohen Stromdichte durchgeführt wird, wird eine hohe Anodisierungsrate erhalten und die resultierende poröse Siliciumschicht wird eine geringe Dichte zeigen, was bedeutet, dass das Volumen der Fehlstellen ansteigen wird. Dies bewirkt Bedingungen des epitaxialen Wachstums. Verfahren der Bildung einer Halbleiterschicht auf porösem Halbleiter.

**[0103]** Es gibt zwei typische Verfahren zur Bildung einer Halbleiterschicht auf einem porösen Halbleitersubstrat: Ein Verfahren, worin eine epitaktische Schicht auf einem porösen Halbleitersubstrat wachsen gelassen wird; und ein Verfahren, worin ein monokristallines Halbleitersubstrat anodisiert wird, um es porös in einer Weise zu machen, die oben beschrieben wird, mit der Ausnahme für den Teil nahe der obersten Oberfläche.

**[0104]** Die Beobachtung mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop enthüllt, dass ein typisches poröses Silicium Fehlstellen von ungefähr 600 Å im durchschnittlichen Durchmesser (10Å = 1 nm) enthält. Als Ergebnis beträgt die Dichte des porösen Siliciums weniger als die Hälfte von der des monokristallinen Siliciums. Im Gegensatz dazu kann das poröse Silicium gut genug sein, eine Kristallinität zu behalten, um eine epitaktische Schicht des monokristallinen Silicium darauf wachsen zu lassen.

**[0105]** Jedoch kann eine hohe Temperatur die Eigenschaften des porösen Silicium ändern. Zum Beispiel kann eine beschleunigte Ätzrate sich ändern. Speziell bei Temperaturen höher als 1000 °C tritt die rückwärtige Anordnung der inneren Fehlstellen auf und die schnelle Ätzrate wird reduziert. Daher sind epitaxiale Wachstumstechnologien bei niedriger Temperatur, wie molekulares epitaxiales Strahlenwachstum, Plasma unterstütztes CVD, Licht unterstütztes CVD, Biassputtering und epitaxiale Wachstumstechnologie in der Flüssigphase wünschenswerter, um eine epitaktische nicht poröse Siliciumschicht auf einer Siliciumschicht wachsen zu lassen.

#### Verfahren zur Bildung von Inselbereichen

**[0106]** Die vorliegende Erfindung schließt einen Schritt ein, worin eine Halbleiterschicht in Inselbereiche geteilt wird, entweder vor oder nach der Übertragung der Halbleiterschicht. Chemisches Ätzen oder mechanisches Schneiden kann für derartige Trennverfahren verwendet werden. Jedoch besonders bevorzugt wird nasses Ätzen oder trockenes Ätzen, wie reaktives Ionenätzen verwendet wird.

**[0107]** Die Halbleiterschicht wird geätzt, um Rillen in ihr zu bilden, so dass die Halbleiterschicht in eine Vielzahl von Inselbereiche geteilt wird. Diese Rillen wirken als Wege durch die ein Ätzmittel eingeführt wird, um die poröse Schicht mit der extrem gesteigerten Ätzrate während des späteren Ätzschritts zu ätzen. Während des Ätzschritts zur Bildung von Rillen, ist es wünschenswerter die poröse Schicht wie die Halbleiterschicht zu ätzen, weil, wenn die Größe der Rillen größer wird, dann werden größere Flächen des porösen Siliciums exponiert, was zu einer höheren Ätzrate bei der porösen Schicht führt.

**[0108]** Zumindest über die Rillen, die als Ergebnis des Ätzens der Halbleiterschicht hergestellt werden, um die gewünschten Muster zu bilden, wird eine Ätzlösung eingeführt. Daher im Vergleich mit dem Fall, dass keine Rille vorhanden ist, ist die Ätzrate extrem beim Ätzen der porösen Schicht an den Rillen wie an den seitlichen Flächen beschleunigt. Zusätzlich zur Bildung der Rillen in der Halbleiterschicht, wenn die Rillen in der porösen Schicht durch Ätzen gebildet werden, dann werden größere Größen von Rillen gebildet und eine größere Fläche der porösen Schicht wird freigelegt, so dass eine höhere Ätzrate resultiert.

**[0109]** Es ist daher erwünscht, diese Rillen, das heißt, die Räume zwischen den Inselbereichen, die in einer Weise gebildet werden, die oben beschrieben wird, mit einem Isolator zu füllen, um eine dielektrische Isolation

zwischen den Vorrichtungen zu erreichen. Der Schritt zur Bildung einer derartigen dielektrischen Isolation kann durchgeführt werden, bevor die Halbleiterschicht übertragen wird, falls die Ätzrate, die oben diskutiert wurde, nicht wichtig ist.

#### Erstes Substrat

**[0110]** Als ein erstes Substrat, das einen porösen Halbleiterbereich und eine Halbleiterschicht auf sich aufweist, werden die folgenden Substrate verwendet: ein Substrat, das eine Halbleiterschicht aufweist, die auf einem porösen Halbleitersubstrat gebildet wird, ein Substrat, das einen Teil des nicht porösen Halbleitersubstrats aufweist, das porös gemacht worden ist und der verbleibende Teil wird als Halbleiterschicht verwendet, ein Substrat, das eine Halbleiterschicht aufweist, die auf einem Substrat gebildet wurde, von dem ein Teil porös gemacht worden ist etc. Vor dem Bondingschritt kann ein isolierender Film, wie ein Oxidfilm oder Nitridfilm auf der Oberfläche der Halbleiterschicht gebildet werden.

#### Zweites Substrat

**[0111]** Für das zweite Substrat, auf das die Halbleiterschicht übertragen wird, können die folgenden Materialien verwendet werden: ein licht-durchlässiges isolierendes Substrat, wie Quarz oder Glas und ein Halbleitersubstrat mit einem Oxidfilm oder einem Nitridfilm darauf. In dem letzteren Fall kann das zweite Substrat selbst Halbleitervorrichtungen wie einen Transistor aufweisen.

**[0112]** Bei Insel- Halbleiterbereichen, die durch den Schritt des Bondings bei dem Übertragungsschritt der Entfernung des porösen Halbleiters, wie oben beschrieben, gebildet werden, werden MOS Transistoren und Dioden durch bekannte Technologien gebildet, wie ein Verfahren, das im U.S. Patent Nr. 5,040,041 von Yamada et al., offenbart wird, mit dem Titel "Semiconductor Device and Signal Processing Device having said Device provided therein".

**[0113]** Derart erhaltene Halbleiterartikel, die Halbleitervorrichtungen darauf aufweisen, können elektronische Vorrichtungen von hoher Leistungsfähigkeit sein.

#### Ausführungsform 1

**[0114]** Zuerst wie in **Fig. 11A** gezeigt, wird ein monokristallines Siliciumsubstrat **11** hergestellt und eine poröse Schicht **12** wird darauf gebildet, indem die Oberfläche des Substrats porös gemacht wird.

**[0115]** Dann wie in **Fig. 11B** gezeigt, wird epitaxiales Wachstum durchgeführt, um eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **13** auf der Oberfläche des porösen Substrats zu bilden.

**[0116]** Des weiteren, wie in **Fig. 11C** gezeigt, indem das übliche Halbleiterverfahren gezeigt wird, wird ein Photoresist **14** auf der Oberfläche des nicht porösen Silicium gebildet, dann werden die nicht poröse Siliciumschicht **13**, die poröse Siliciumschicht **12** und das erste Siliciumsubstrat **11** geätzt, um Rillen zu bilden. Dieser Ätzschritt kann durch ein trockenes Verfahren, wie RIE (reactive ion etching = reaktives Ionenätzen) durchgeführt werden, was bei dem üblichen Verfahren der Halbleiterherstellung verwendet wird oder bei einem nassen Verfahren, indem eine wässrige Lösung aus Fluorwasserstoffsäure oder Salpetersäure verwendet wird.

**[0117]** Jetzt, wie in **Fig. 11D** gezeigt, wird ein anderes Siliciumsubstrat **15** (ein zweites Substrat) hergestellt und eine isolierende Schicht **16** wird darauf gebildet. Dann wird dieses Siliciumsubstrat **15**, das die isolierende Schicht **16** darauf aufweist, auf die Oberfläche der nicht porösen monokristallinen Siliciumschicht **13** mit Rillen gebondet, die darauf durch Ätzen gebildet sind. Hier kann  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{SiN}$ , das bei dem üblichen Halbleiterverfahren verwendet wird, für eine isolierenden Schicht **16** verwendet werden, aber die vorliegende Erfindung ist nicht darauf beschränkt.

**[0118]** Dann wie in **Fig. 11E** gezeigt, wird das Siliciumsubstrat **11** durch Polieren entfernt, bis die Ätzrillen, wie oben beschrieben freigelegt sind.

**[0119]** Des weiteren wird über die Ätzrillen, die gesamte poröse Siliciumschicht **12** durch stromloses chemisches nasses Ätzen mit einem selektiven Ätzmittel, wie Fluorwasserstoffsäure (oder gepufferte Fluorwasserstoffsäure, die als BHF im folgenden bezeichnet wird) oder eine Mischung aus Fluorwasserstoffsäure (oder BHF) und einem Alkohol oder einer Mischung aus Fluorwasserstoffsäure (oder BHF), einem wässrigen Wasserstoffperoxid und einem Alkohol weg geätzt. Hier, wenn eine Lösung, einschließlich einem Alkohol verwen-

det wird, wird kein Rühren während des Ätzverfahrens ausgeführt, während die Lösung gerührt wird, wenn eine Lösung, die keinen Alkohol einschließt, verwendet wird. So wird das erste Siliciumsubstrat **11** durch Abheben entfernt, während die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **13** auf der isolierenden Schicht **16** verbleibt (**Fig. 11F**).

**[0120]** Die **Fig. 11G** zeigt das Halbleitersubstrat, das erfindungsgemäß erhalten wird. Auf die isolierenden Substrate **15** und **16** wird eine monokristalline Siliciumschicht **13**, die die gleiche Kristallinität wie die eines Siliciumwafers aufweist, mit einer guten Ebenheit und guten Einheitlichkeit bei der Dicke gebildet. Dieses Halbleitersubstrat wird vorteilhafter Weise für die Herstellung von elektronischen Vorrichtungen, die zumindest basierend auf der Tatsache, dass Vorrichtungen dielektrisch von einander isoliert sind, verwendet werden.

**[0121]** Die **Fig. 12** und **13** sind perspektivische Ansichten eines erfindungsgemäß hergestellten Halbleitersubstrats und jeder Figur zeigt ein Substrat, das eine Vielzahl von Kristallinseln aufweist, die von einander durch Rillen, die verschieden in der Form von einander sind, isoliert sind.

**[0122]** Die Rille der vorliegende Erfindung ist nicht auf diese Rillen, wie in **Fig. 12** und **13** gezeigt, beschränkt, aber jede Form, die die Halbleiterschicht in eine Vielzahl von Inseln teilt, kann verwendet werden. Speziell, jede Rille kann verwendet werden, die zu Inseln in einer Form von Kreis, Ellipse oder Polygon wie Dreieck oder Fünfeck führt.

#### Ausführungsform 2

**[0123]** Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung wird beschrieben werden, indem bezug auf die Zeichnungen genommen wird. Bei der Ausführungsform 2 wird ein monokristallines Siliciumsubstrat **11** zuerst hergestellt, wie in **Fig. 14A** gezeigt und eine poröse Siliciumschicht **12** wird darauf gebildet, indem die Oberfläche des Substrats **11** porös gemacht wird. Hier wird das Substrat durch Anodisierung, indem eine Lösung aus Fluorwasserstoffsäure-Lösung verwendet wird, porös gemacht.

**[0124]** Dann, wie in **Fig. 14B** gezeigt, wird eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **13** auf einer Oberfläche des porösen Substrats gebildet, indem irgendeines der verschiedenen Wachstumsverfahren verwendet wird.

**[0125]** Des weiteren wie in **Fig. 14C** gezeigt, indem das übliche Halbleiterverfahren verwendet wird, wird ein Muster eines Resists **14** auf der Oberfläche des nicht porösen Siliciums gebildet, dann werden die nicht poröse Siliciumschicht, die poröse Siliciumschicht und das Siliciumsubstrat geätzt, um Rillen zu bilden. Der Ätzschritt kann, indem ein Trockenverfahren wie RIE (reaktive ion etching = reaktives Ionenätzen), das in einem üblichen Verfahren der Halbleiterherstellung verwendet wird oder durch ein nasses Verfahren, indem eine wäßrige Lösung aus Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure verwendet wird, ausgeführt werden und es gibt dort keine Beschränkung im Hinblick auf das Ätzverfahren.

**[0126]** Jetzt, wie in **Fig. 14D** gezeigt, wird ein lichtdurchlässiges Substrat **15**, typischer Weise wie Glas hergestellt. Dann wird dieses lichtdurchlässige Substrat auf die Oberfläche der nicht porösen monokristallinen Siliciumschicht gebondet, die auf dem porösen Siliciumsubstrat gebildet ist.

**[0127]** Dann, wie in **Fig. 14E** gezeigt, wird das Siliciumsubstrat durch Polieren entfernt, bis die oben beschriebenen Rillen freigelegt sind.

**[0128]** Des weiteren wird über die geätzten Rillen die gesamte poröse Siliciumschicht **12** durch stromloses chemisch nasses Ätzen in einem selektiven Ätzmittel, wie Fluorwasserstoffsäure (oder BHF) oder einer Mischung aus Fluorwasserstoffsäure (oder BHF) und wäßrigem Wasserstoffperoxid oder einem Alkohol selektiv weggeätzt wird. Hier, wenn eine Lösung, einschließlich einem Alkohol verwendet wird, wird kein Rühren während des Ätzverfahrens ausgeführt, während die Lösung gerührt wird, wenn eine Lösung, die keinen Alkohol enthält, verwendet wird. So wird das Siliciumsubstrat **11** durch Abheben entfernt, während die monokristalline Siliciumschicht **13** auf der Licht-durchlässigen Schicht **15** (**Fig. 14F**) verbleibt.

**[0129]** **Fig. 14G** zeigt das Halbleitersubstrat, das erfindungsgemäß erhalten wird. Auf dem Licht-durchlässigen Substrat **15** wird die monokristalline Siliciumschicht **13**, die die gleiche Kristallinität wie die eines Siliciumwafers aufweist, mit guter Ebenheit und einer guten Einheitlichkeit in der Dicke gebildet. Dieses Halbleitersubstrat wird vorteilhafter Weise für die Herstellung von elektronischen Vorrichtungen, basierend auf der Tatsache, dass Vorrichtungen dielektrisch von einander isoliert sind, verwendet werden. Die **Fig. 15** und **16** sind perspek-

tivische Ansichten eines erfindungsgemäß hergestellten Halbleitersubstrats.

#### Ausführungsform 3

**[0130]** Die **Fig. 17A** bis **17D** sind schematische Ansichten zur Erklärung der Schritte der Ausführungsform 3 eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Halbleiterartikels.

**[0131]** Zuerst, wie in **Fig. 17A** gezeigt, wird ein 500 µm dickes Siliciumsubstrat **25** vom p-Typ in einer Lösung, zum Beispiel  $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 : 1$  bei einer Stromdichte von 30 mA/cm<sup>2</sup> für 10 Minuten anodisiert, um eine 20 µm dicke poröse Siliciumschicht **26** zu bilden. Dann wird eine epitaktische Schicht **22** wachsen gelassen, indem  $\text{SiH}_4$  als Ausgangsgas in einer  $\text{H}_2$  Atmosphäre bei einem Druck von  $1 \times 10^{-2}$  bei 850 °C für 30 Minuten verwendet wird.

**[0132]** Des weiteren wie in **Fig. 17B** gezeigt, werden die gewünschten Teile der epitaktischen Schicht **22** und der porösen Siliciumschicht **26** durch RIE entfernt, indem Resists **27a – 27c** verwendet werden, die auf den Bereichen verbleiben, um Vorrichtungen als eine Maske zu bilden, wodurch die epitaktische Schicht **22** in epitaktische Schichten **22a – 22c** geteilt wird.

**[0133]** Dann wie in **Fig. 17C** gezeigt, nachdem die Resists **27a – 27c** entfernt sind, werden die epitaktischen Schichten **22a – 22c** auf dem Quarzsubstrat **23** angeordnet, so dass die Oberflächen der epitaktischen Schichten **22a – 22c** in Kontakt mit der Oberfläche des Quarzsubstrats **23** kommen und diese Substrate werden in der Atmosphäre aus Stickstoff bei 600 °C für 1 Stunde erwärmt, um die epitaktischen Schichten **22a – 22c** auf das Quarzsubstrat **23** zu bonden.

**[0134]** Als nächstes, wie in **Fig. 17D** gezeigt, wird die poröse Siliciumschicht **26** auf dem gebondeten Siliciumsubstrat **25** vom p-Typ durch selektives Ätzen nur der porösen Siliciumschicht **26** mit einer gemischten Lösung aus gepuffertem HF, einem Alkohol und wäßrigem Wasserstoffperoxid (10 : 6 50) entfernt. So nachdem das Siliciumsubstrat **25** vom p-Typ abgespalten ist, werden die epitaktischen Schichten **22a – 22c** auf dem Quarzsubstrat **23** gebildet.

#### Ausführungsform 4

**[0135]** Die **Fig. 18A** bis **18D** sind schematische Ansichten zur Erklärung der Schritte der Ausführungsform 4 eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Halbleiterartikels. Bei diesen Figuren werden die gleichen Elemente, wie die in den **Fig. 17A** bis **17D** mit den gleichen Zeichen bezeichnet.

**[0136]** Zuerst, wie in **Fig. 18A** gezeigt, werden eine poröse Siliciumschicht **26** und eine epitaktische Schicht **22** auf einem Siliciumsubstrat **25** vom p-Typ gebildet.

**[0137]** Dann wie in **Fig. 18B** gezeigt, wird ein 5000 µm dicker oxidierter Siliciumfilm **24** auf der epitaktischen Schicht **22** gebildet. Des weiteren werden die gewünschten Teile des oxidierten Siliciumfilms **24**, die epitaktische Schicht **22** und die poröse Siliciumschicht **26** mittels RIE entfernt, indem Resists **27a – 27c** verwendet werden, die auf den Bereichen zur Bildung von Vorrichtungen als Maske verbleiben, wodurch die epitaktische Schicht **22** in die epitaktischen Schichten **22a** und **22c** geteilt werden.

**[0138]** Als nächstes wie in **Fig. 18C** gezeigt, nachdem die Resists **27a** bis **27c** entfernt sind, wird der oxidierte Siliciumfilm **24** auf einem anderen Siliciumsubstrat **29** angeordnet, das einen 3000 µm dicken oxidierten Siliciumfilm **28** auf seiner Oberfläche aufweist, so dass die Oberfläche der Siliciumdioxidschicht **24** in Kontakt mit dem oxidierten Siliciumfilm **28** auf dem Siliciumsubstrat **29** kommt und diese Substrate werden in der Atmosphäre aus Stickstoff bei 800 °C für 1 Stunde erwärmt, um den oxidierten Siliciumfilm **28** des Siliciumsubstrats **29** auf den oxidierten Siliciumfilm **24** des Siliciumsubstrats **25** vom p-Typ zu bonden.

**[0139]** Dann wie in **Fig. 18D** gezeigt, wird das Siliciumsubstrat **25** vom p-Typ durch selektives Ätzen nur der porösen Siliciumschicht **26** getrennt, so werden die epitaktischen Schichten **22a – 22c** auf den oxidierten Siliciumfilmen **28** und **24** auf dem Siliciumsubstrat **29** gebildet.

**[0140]** Wie oben beschrieben, werden bei den Ausführungsformen 3 und 4 der erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung der Halbleiterartikel nur die Oberfläche des Halbleitersubstrats porös gemacht wird. Daher ist es möglich, die Zeit zu reduzieren, die benötigt wird, um den porösen Bereich zu bilden. Der nicht poröse Bereich des Halbleitersubstrats wird fast nicht, während des Schritts des Ätzens der porösen Schicht geätzt,

auf Grund der geringen Ätzrate, verglichen mit der der porösen Schicht. Als ein Ergebnis kann das nicht poröse Halbleitersubstrat wieder für die Herstellung eines anderen Halbleiterartikels verwendet werden. So ist es auch möglich die Verfahrenszeit zur Bildung des porösen Bereichs extrem zu reduzieren und es ist auch möglich die Materialkosten zu reduzieren, auf Grund der Möglichkeit der Wiederverwendung des Halbleitersubstrats.

**[0141]** Bei dem obigen Verfahren zur Herstellung von Halbleitersubstraten über die Rillen, die als Ergebnis des Ätzens der epitaktischen Schicht gebildet werden, um gewünschte Muster zu bilden, wird eine Ätzlösung eingeführt, so dass die eingeführte Ätzlösung extrem die Ätzrate durch Ätzen der porösen Schicht an den Rillen beschleunigt, wie auch an den seitlichen Flächen der porösen Schicht. Die Ätzrate der porösen Schicht wird extrem gesteigert verglichen mit dem Fall, dass keine Rillen existieren.

#### Ausführungsform 5

**[0142]** Bei dem Folgenden wird Silicium als ein Beispiel für Halbleitermaterial zur Erklärung dieser Ausführungsform 5 der vorliegende Erfindung genommen. Das erfindungsgemäße Halbleitermaterial ist nicht auf Silicium beschränkt.

**[0143]** Die **Fig.** 19A bis 19G sind schematische Ansichten zur Erklärung der Schritte der Ausführungsform 5 eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Halbleiterartikels.

**[0144]** Zuerst wird eine monokristalline Siliciumschicht **31** vom p-Typ durch Implantieren von Borionen oder ähnlichem in die Oberfläche des Siliciumsubstrat **32** vom n-Typ gebildet. Die monokristalline Siliciumschicht **31** vom p-Typ wird in die poröse Siliciumschicht **31** durch Anodisierung, indem eine Fluorwasserstoffsäurelösung verwendet wird, umgewandelt. Während die Dichte des monokristallinen Silicium  $2,33 \text{ g/cm}^3$  beträgt, kann die Dichte der porösen Schicht **31** in dem Bereich von  $0,6$  bis  $1,1 \text{ g/cm}^3$ , in Abhängigkeit von der HF Konzentration variieren, die in dem Bereich von 20 bis 50 (**Fig.** 19A) liegt.

**[0145]** Dann wie in **Fig.** 19B gezeigt, wird eine in der Kristallinität ausgezeichnete nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht **33** auf der porösen Siliciumschicht **31** wachsen gelassen.

**[0146]** Des weiteren wird eine isolierende Schicht **34** wie ein oxidiertes Siliciumfilm gebildet und in einem gewünschten Muster gemustert, was zu einer Unebenheit auf seiner Oberfläche führt (**Fig.** 19C).

**[0147]** Als nächstes, wie in **Fig.** 19D gezeigt, wird die isolierende Schicht **34** als Maskenmaterial verwendet, wobei die Anodisierung wieder ausgeführt wird, um die exponierten Teilen der nicht porösen monokristallinen Halbleiterschicht **33** zu der porösen Schicht **33'** umzuwandeln.

**[0148]** Dann, wie in **Fig.** 19E gezeigt, wird ein anderes Siliciumsubstrat **35** als zweites Substrat hergestellt und das zweite Substrat wird auf die Oberfläche der isolierenden Schicht **34** auf dem erste Substrat gebondet. Bei dieser Ausführungsform, wie in **Fig.** 19E gezeigt, weil das erste Substrat und das zweite Substrat aufeinander an der Oberfläche mit Unebenheit gebondet sind, ist die resultierende Kontaktfläche klein und eine bessere Haftung kann, verglichen mit dem Fall des gesamten Flächenkontakts der flachen Oberflächen, erhalten werden. Zusätzlich ist es möglich die Bildung der Fehlstelle an der Kontaktgrenzfläche zu reduzieren. Dann wird die Bondingstärke durch eine geeignete Wärmebehandlung größer gemacht.

**[0149]** Nach diesem, wie in **Fig.** 19F gezeigt, wird die gesamte poröse Siliciumschicht **31** durch Ätzen entfernt, um eine dünne monokristalline Siliciumschicht **33** auf der isolierenden Schicht **34** zu bilden.

**[0150]** So wird die monokristalline Siliciumschicht **33**, die die gleiche Kristallinität wie die eines Siliciumwafer aufweist, auf dem Substrat **35** über die isolierende Schicht **34** gebildet, wobei die monokristalline Siliciumschicht **33** selektiv nur auf gewünschten Flächen auf dem Wafer gebildet wird und eine gute Ebenheit und geringe Dicke von guter Einheitlichkeit aufweist.

**[0151]** Das erhaltene Halbleitersubstrat kann vorzugsweise zur Herstellung der elektronischen Vorrichtungen verwendet werden, basierend auf der Tatsache, dass Vorrichtungen dielektrisch von einander isoliert sind.

#### Ausführungsform 6

**[0152]** Bezugnehmend auf **Fig.** 20 wird eine andere erfindungsgemäße Ausführungsform 6 unten beschrieben werden. Ein monokristallines Siliciumsubstrat **100** wird anodisiert, um eine poröse Siliciumschicht **101** dar-

auf zu bilden. Hier kann nur eine Seite der Oberflächenschicht des Substrats anodisiert werden oder auf der anderen Seite kann das gesamte Substrat anodisiert werden. In dem Fall der Anodisierung der Oberflächenschicht einer Seite, kann die Dicke des anodisierten Bereichs in dem Bereich von 10 bis 100 µm (Schritt A) liegen. Das Bezugszeichen **101'** bezeichnet ein Substrat, das an seiner einen Seite der Oberflächenschicht anodisiert wird und das Bezugszeichen **101''** bezeichnet das Gesamte des Substrats, das anodisiert wird.

**[0153]** Eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **102** wird epitaxial auf dem porösen Substrat oder der porösen Schicht **101** wachsen gelassen wird, die in einer Weise, die oben beschrieben wird, hergestellt wurde (Schritt A). Das epitaxiale Wachstum kann mittels üblichem thermischen CVD, CVD bei niedrigem Druck, Plasma CVD, molekularer Strahlenepitaxie, Sputtering oder ähnlichem durchgeführt werden. Die Dicke des Films, der wachsen gelassen werden soll, wird so festgelegt, dass er die Erfordernisse des SOI Design trifft. Jedoch kann eine Dicke, die weniger als 2 µm beträgt, bevorzugt sein, weil wenn ein monokristalliner Siliciumfilm, der dicker als 2 µm ist, auf ein durchsichtiges isolierendes Substrat geklebt wird, das SiO<sub>2</sub> als Hauptkomponente enthält, wobei eine große Belastung an der gebondeten Grenzfläche, während der Wärmebehandlung, auf Grund des Unterschieds bei dem thermischen Ausdehnungskoeffizient zwischen diesen zwei Materialien, verursacht wird, was zu einem Brechen in dem Siliciumfilm, dem Verziehen des Substrats oder der Spaltung der zwei Materialien an der Grenzfläche führen kann. Falls die Dicke weniger als 2 µm beträgt, wird die Belastung gering genug, um das Brechen des Films, Verziehen des Substrats und der Spaltung zu vermeiden.

**[0154]** Ein Trägersubstrat des durchsichtigen isolierenden Substrats **110**, das SiO<sub>2</sub> als Hauptkomponente enthält, wird an die Oberfläche der epitaxialen gewachsenen Oberflächen gebondet, dann wird die erste Wärmebehandlung ausgeführt, um sicher zu stellen, dass die Bondingstärke an der Grenzfläche stark genug ist, um die folgenden Verfahren, wie Polieren und Ätzen auszuhalten. Hier kann ein Material wie Hartglas, Kunstglas, Glas mit einem hohen Schmelzpunkt (kristallisiertes) für ein durchsichtiges isolierendes Substrat **110** verwendet werden. Während die geeignete Temperatur der Wärmebehandlung von der Dicke des Siliciumsubstrats und dem isolierenden Substrat, einer Temperatur von vorzugsweise weniger als 600 °C abhängt. Zum Beispiel, wenn ein 500 – 600 µm dickes Hartglas als isolierendes Substrat verwendet wird und ein Siliciumsubstrat von der gleichen Dicke wird auf das isolierende Substrat gebondet, wobei eine ungefähr 200 – 250 °C Wärmebehandlung zu der Trennung der zwei Substrate von einander führt. Falls die Dicke des Siliciumsubstrats auf 300 µm reduziert wird, indem die gleiche Dicke für die isolierenden Substrate erhalten bleibt, dann werden die Substrate ungefähr 400 – 450 °C Wärmebehandlung aushalten. Es kann möglich sein, die kritische Temperatur zu erhöhen, indem die Dicke des Siliciumsubstrats reduziert wird, aber dies wird keine praktische Bedeutung haben, weil sie ungefähr 400 – 500 °C hoch genug ist, um die starke Bondingstärke zu erhalten, die das folgende Polieren und Ätzen aushält. So dass eine höhere Temperatur nicht für die Wärmebehandlung, von einem praktischen Standpunkt, notwendig ist. Der primäre Zweck der ersten Wärmebehandlung ist es eine Bondingstärke zu erhalten, die stark genug ist, die Scherbelastung während des Polierverfahrens auszuhalten. Daher falls das folgende Verfahren zur Bildung des verbleibenden Siliciumfilms nur mit Ätzen, ohne Polieren, durchgeführt wird, ist die erste Wärmebehandlung nicht unbedingt erforderlich. Das heißt, dass das zwischenmolekulare Bonding, das an der Grenzfläche induziert wird, wenn zwei Substrate bei Raumtemperatur in Kontakt gebracht werden, stark genug für das Ätzverfahren ist.

**[0155]** Bei dem nächsten Schritt D, wird der poröse Teil **101** von dem Substrat selektiv entfernt, während die epitaktische Wachstumsschicht **102** zurückbleibt. Während der gesamte Teil, der entfernt werden soll, vollständig porös ist, können die vollständig gebondeten Substrate in eine Lösung (HF-basierend) aus Fluorwasserstoffsäure getaucht werden, um den porösen Teil **101** selektiv zu entfernen. Auf der anderen Seite, falls der Teil, der entfernt werden soll, monokristallines Silicium **100** einschließt, ist es bevorzugt nur das Siliciumsubstrat **100** durch Polieren zu entfernen. Das Polieren wird beendet, wenn der poröse Teil **101** bloßgelegt ist und dann kann der poröse Teil **101** selektiv durch Ätzen mit einer Lösung, die auf Fluorwasserstoffsäure basiert, entfernt werden.

**[0156]** In jedem Fall reagiert der nicht poröse monokristalline epitaktische gewachsene Bereich **102** kaum mit Fluorwasserstoffsäure und verbleibt als dünner Film. Weil das Trägersubstrat **110** hauptsächlich SiO<sub>2</sub> aufweist, reagiert es leicht mit auf HF basierender Lösung. Daher ist es bevorzugt einen Siliciumnitridfilm oder ein Material, das nicht mit Fluorwasserstoffsäure, auf der rückseitigen Oberfläche gegenüber zu der gebondeten Oberfläche abzuscheiden. Andererseits, falls der poröse Teil **101** um einen gewissen Grad dünner gemacht wird, bevor das Substrat in das Ätzmittel getaucht wird, dann dauert es nur kurze Zeit um den porösen Teil selektiv zu ätzen und es wird möglich sein das Trägersubstrat vor der Reaktion mit Fluorwasserstoffsäure zu schützen. Als eine HF basierende Lösung wird eine Mischung aus Fluorwasserstoffsäure, wäßrigem Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) und einem Alkohol verwendet. Eine Mischung aus Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure, oder eine Mischung, die weiter Essigsäure enthält, kann auch verwendet werden, um das poröse Silicium



selektiv zu ätzen. Jedoch in diesem Fall, ist eine genaue Zeitkontrolle notwendig, weil eine dünne monokristalline Siliciumschicht, die erhalten bleiben soll, wird auch irgendwie geätzt.

**[0157]** Bei diesem Endschrift E wird der dünne monokristalline Siliciumfilm **102** auf dem durchsichtigen isolierendem Substrat **110** in Inseln durch übliche Photolithographie und ein Ätzverfahren getrennt. Die Größe der Inseln, die getrennt werden sollen, hängt auch von der Verfahrenstemperatur zur Herstellung von Vorrichtungen ab, kann ungefähr  $600 \times 600 \mu\text{m}^2$  im größten Fall sein. Eine größere Größe als die kann zu einer Spaltung des dünnen Films vom Substrat, während der Bearbeitung, auf Grund der Belastung, führen. Kleinere Flächen der Insel werden zu einem geringeren Einfluß durch die Belastung führen. Jedoch bei der praktischen Herstellung sollte die Definition der Insel so gemacht werden, um das Erfordernis der gestalteten Elementgröße oder Form der Vorrichtung zu treffen.

**[0158]** Nachdem der monokristalline Siliciumfilm **102** in Inseln getrennt wurde, wird die zweite Wärmebehandlung bei höher als  $800^\circ\text{C}$  durchgeführt, um die Bondingstärke an der Grenzfläche zwischen dem Dünnsfilm **102** und dem Substrat **110** zu steigern. Eine gewisses Verfahren bei hoher Temperatur, wie eine Oxidation während der Elementherstellung geschieht bei der zweiten Wärmebehandlung. Eine Temperatur unter  $800^\circ\text{C}$  kann nicht die Bondingstärke stark genug machen und der Dünnsfilm kann sich vom Substrat trennen. Besonders bevorzugt kann die zweite Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von  $1000$  bis  $1100^\circ\text{C}$  durchgeführt werden.

#### Ausführungsform 7

**[0159]** In der Ausführungsform 7, wird das Gesamte des  $200 \mu\text{m}$  dicken monokristalline Siliciumsubstrats vom p-Typ (100) in ein poröses Material durch Anodisierung von ihm in  $50\%$  HF Lösung bei einer Stromdichte von  $100 \text{ mA/cm}^2$  umgewandelt. In diesem Fall beträgt die Anodisierungsrate  $8,4 \mu\text{m/min}$ , daher wird das gesamte Substrat **24** Minuten anodisiert.

**[0160]** Dann wird ein  $1 \mu\text{m}$  dicker SiN Film zur Elementisolation auf dem porösen Siliciumsubstrat durch Plasma-CVD gebildet. Der isolierende Film anders als die Fläche, die zum dielektrischen Isolationsbereich korrespondiert, wird entfernt. (Das heißt, dass der isolierende Film, der der Bereich ist, der zu dem Bereich korrespondiert, der eine Halbleitervorrichtung bilden soll, entfernt wird.) So wie in **Fig. 21** gezeigt, wird die Struktur erhalten, worin ein isolierender Film **42** durch Musterung nur in dem Bereich für dielektrische Isolation auf dem porösen Substrat **41** gebildet wird.

**[0161]** Des weiteren wie in **Fig. 22** gezeigt, wird ein monokristallines Siliciumsubstrat **45** auf dem porösen Siliciumsubstrat **41** nur in dem Bereich gebildet, wo es keine isolierende Schicht **42** durch selektives epitaxiales Wachstum gibt, so dass die Dicke der monokristallinen Siliciumschicht **45** fast die gleiche ist, wie die der isolierenden Schicht **42**. Das epitaktische Wachstum kann bevorzugt durch ein CVD Verfahren mit niedrigem Druck unter den folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

Gas:	SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1000 SCCM
	HCl	150 SCCM
	H <sub>2</sub>	230 SLM
Temperatur	1000 C°	
Druck:	80 Torr (1 Torr entspricht 1,33hPa)	
Zeit:	2,5 Minuten	

**[0162]** Dann wie in **Fig. 22** gezeigt, wird As einer Verunreinigung vom n-Typ in den oberen Teil des Bereichs der monokristallinen Siliciumschicht eingeführt, wo NPN Transistoren gebildet werden sollen (der Bereich auf der linken Seite der **Fig. 22**), so wird ein Bereich **46** vom n-Typ gebildet.

**[0163]** Des weiteren wird die Oberfläche der monokristallinen Siliciumschicht **45** (einschließlich des Bereichs **46** vom n-Typ) oxidiert, um eine  $500 \text{ \AA}$  dicke oxidierte Siliciumschicht **417** zu bilden. Dann wird ein  $2000 \text{ \AA}$  dicker BPSG Film **418** durch ein CVD Verfahren abgeschieden und wird auf  $900^\circ\text{C}$  für den Rückfluß erwärmt. Dann wird die feine Struktur durch die Facette erzeugt, die während des epitaktischen Wachstum bedeckt werden und die gut geglättete obere Oberfläche kann erhalten werden, wie in **Fig. 23** gezeigt.

**[0164]** Jetzt, wie in **Fig. 24** gezeigt, wird eine  $5000 \text{ \AA}$  dicke oxidierte Siliciumschicht **43**, die auf der Oberfläche

des Siliciumsubstrat **44** gebildet ist, mit dem BPSG Film **418** gebondet. Dieses Bonding kann zum Beispiel wie folgt erreicht werden: die Oberflächen, die gebondet werden sollen, werden gereinigt, wobei jede Oberfläche, die gebondet werden soll, in Kontakt mit einer anderen steht und eine Wärmebehandlung wird durchgeführt. Die Wärmebehandlung wird in einer Atmosphäre, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff oder inertem Gas bei einer Temperatur von höher als 600 °C durchgeführt. Im allgemeinen führt eine höhere Temperatur zu einem stärkeren Bonding an der Grenzfläche. Die bevorzugte Bedingung der Wärmebehandlung bei dieser Ausführungsform ist eine Temperatur von 1000 °C für 30 Minuten lang in einer Sauerstoffatmosphäre. Dies führt zu einem starken Bonding.

**[0165]** Dann wird das poröse Siliciumsubstrat **41** durch Ätzen mit einem Ätzmittel, das ein hoch selektives Verhältnis beim Ätzen von porösen Silicium zu nicht porösen Silicium aufweist, entfernt. Eine Mischung aus Fluorwasserstoffsäure, Salpetersäure und Essigsäure kann vorzugsweise als Ätzmittel für diesen Zweck verwendet werden. Zum Beispiel, weil die Ätzrate für das nicht poröse Silicium bei einer Mischungslösung aus Fluorwasserstoffsäure, Salpetersäure und Essigsäure (1 : 3 : 8) ungefähr 1 µm/min beträgt, wobei die Ätzrate für poröses monokristallines Silicium **100** mal schneller als für nicht poröses Silicium ist. Daher kann dieses Ätzmittel das 200 µm dicke poröse Siliciumsubstrat **41** 2 Minuten lang ätzen. So, wie in **Fig. 25** gezeigt, wird das Halbleitersubstrat erhalten, worin die 1 µm dicke flache Oberfläche (obere Oberfläche) der monokristallinen Siliciumschicht **45** auf dem Siliciumsubstrat **44** über die isolierende Schicht gebildet wird, die die oxidierte Siliciumschicht **43**, den BPSG Film **418** und die oxidierte Siliciumschicht **417** und die monokristalline Siliciumschicht **45** aufweist, wobei sie durch die isolierende Schicht **42** isoliert getrennt sind.

**[0166]** Als nächstes, wie in **Fig. 25** gezeigt, wird eine Verunreinigung B vom p-Typ in den Bereich der monokristallinen Siliciumschicht eingeführt, wo ein nMOS Transistor gebildet werden soll (der Bereich auf dem Zentrum der **Fig. 25**), so dass ein p-Well gebildet wird.

**[0167]** Dann werden, wie in **Fig. 26** gezeigt, Verunreinigungen in den Bereich der monokristallinen Siliciumschicht eingeführt, wo ein NPN Transistor geformt werden soll (der Bereich auf der rechten Seite der **Fig. 25**), wodurch ein Kollektorbereich **47**, Basisbereich **48** und Emitterbereich **49** gebildet werden, um einen NPN Transistor zu bilden.

**[0168]** Des weiteren, wie in **Fig. 26** gezeigt, wird die thermische Oxidation ausgeführt, um eine oxidierte Siliciumschicht auf der Oberfläche der monokristallinen Siliciumschicht zu bilden und das Gate **411** wird aus Polysilicium auf der oxidierten Siliciumschicht gebildet. Ein Verunreinigungs As vom n-Typ wird in den Bereich der monokristallinen Siliciumschicht eingeführt, wo ein nMOS Transistor gebildet werden soll (der Bereich auf dem Zentrum der **Fig. 25**), um die Source- und Drainbereiche **412** zu bilden. Ähnlich wie in **Fig. 26** gezeigt, wird eine Verunreinigung B vom p-Typ in den Bereich der monokristallinen Siliciumschicht eingeführt, wo ein pMOS Transistor gebildet wird (der Bereich auf der linken Seite der **Fig. 25**), um die Source- und Drainbereiche **413** zu bilden. So wird ein nMOS Transistor auf dem zentralen Bereich gebildet und ein pMOS Transistor wird auf dem linken Seitenbereich gebildet. Dann werden Elektrodenverdrahtungen **414** mit Al-Si oder ähnlichem gebildet, des weiteren wird ein SiN Passivationsfilm **415** abgeschieden und eine Öffnung **416** wird für eine Bondunterlage gebildet.

**[0169]** So wird eine Halbleitervorrichtung mit einer ausgezeichneten Ebenheit gebildet, um isolierend drei Transistor zu trennen.

**[0170]** Wie oben im Detail beschrieben, gemäß dieser Ausführungsform, bevor eine isolierende Oberfläche eines Substrats, das eine isolierende Oberfläche aufweist, auf die Oberfläche einer isolierenden Schicht gebondet wird, die auf einer Oberfläche einer nicht porösen monokristallinen Halbleiterschicht gebildet ist oder darauf gebildet wird, wird die nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht isolierend getrennt. Nach dem Sonden auf das Substrat wird ein poröser Halbleiter durch Ätzen entfernt, um ein Halbleitersubstrat zu erhalten, das eine Vielzahl von Halbleiterbereichen mit ausgezeichneter Ebenheit aufweist, isoliert getrennt sind. Demgemäß können Halbleitersubstrate und Halbleitervorrichtungen mit niedrigen Kosten hergestellt werden, ohne eine Unebenheit der Oberfläche, wie in dem Fall der LOCOS Isolation zu erzeugen und ohne einen komplizierten Schritt wie in dem Fall der Trench Isolation.

**[0171]** Des weiteren werden gemäß dieser Ausführungsform, da ein poröser Halbleiter durch Ätzen entfernt wird, um eine nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht auf einem Substrat zu erhalten, hoch leistungsfähige Halbleitersubstrate und Halbleitervorrichtungen mit guter Produktivität, Kontrollfähigkeit und Einheitlichkeit erhalten.

## BEISPIEL 1

**[0172]** Wie gemäß der Ausführungsform 1 schon erwähnt, wurde ein monokristallines Siliciumsubstrat A vom p-Typ (100) von 200 µm Dicke (erstes Siliciumsubstrat) in einer HF Lösung anodisiert.

Die Bedingungen zur Anodisierung sind wie folgt

Angelegte Spannung:	2,6 V
Stromdichte: 30	$\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$
Anodisierungslösung:	$\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 : 1$
Zeit:	60 Sekunden
Dicke des porösen Siliciums:	2 µm
Porosität:	56

**[0173]** Gemäß eines Biassputterverfahrens (auf die hierin später als "BA Verfahren" Bezug genommen wird), wird eine epitaktische Siliciumschicht von 0,05 µm Dicke auf einem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

**[0174]** Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend:

## Bedingungen der Oberflächereinigung

Temperatur:	380 °C
Atmosphäre:	Ar
Druck:	15 m Torr
Substratpotential:	5 V
Zielpotential:	-5 V
Hochfrequenzleistung:	5 W
RF Frequenz:	100 MHz

## Bedingungen der Abscheidung

RF Frequenz:	100 MHz
Hochfrequenzleistung:	100 W
Temperatur:	300 °C
Ar Gasdruck:	15 m Torr
Wachstumszeit:	4 Minuten
Filmdicke:	0,05 µm
Direktes Stromzielpotential:	-150 V
Direktes Substratstrompotential:	+10V

**[0175]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100 µm breiten Rißlinien zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25 µm mit einer wäßrigen Ätzlösung aus 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 gebildet.

**[0176]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B (zweites Siliciumsubstrat), das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Schicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0177]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180 µm des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0178]** Die gebondeten Substrate werden nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 % Fluorwas-

serstoffsäure, Alkohol und 30 % wäßriges Wasserstoffperoxid (10 : 6 : 50) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Ätzrillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0179]** Nach 17 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat, auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0180]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 17 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht war vernachlässigbar gering.

**[0181]** Als ein Ergebnis, wie in **Fig. 12** gezeigt, wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **13** von 0,05  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem  $\text{SiO}_2$  **16** gebildet.

**[0182]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das BS Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,05  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 2

**[0183]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0184]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet wurden.

**[0185]** Indem das MBE Verfahren (Molecular Beam Epitaxy Verfahren = molekulares Strahlenepitaxieverfahren) verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 0,1  $\mu$  Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Temperatur:	700° C
Druck	$1 \times 10^{-9}$ Torr
Wachstumsrate:	0,1 nm/(Sekunde)

**[0186]** Nachdem der Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Muster mit 100  $\mu\text{m}$  breiten Rißlinien, mit einem Abstand von 1 mm zwischen ihnen, durchgeführt indem photolithographisches Standardverfahren verwendet wurden und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$  mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure : konzentrierte Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0187]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Schicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 700 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0188]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurde das gebondeten Substrate nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die eine gepufferte Fluorwasserstoffsäure (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 % Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure), Alkohol und 30 % wäßriges Wasserstoffperoxid (10 : 6 : 50) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0189]** Nach 17 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0190]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Anström oder weniger, selbst 17 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen monokristallinen Siliciumschicht war vernachlässigbar gering.

**[0191]** Als ein Ergebnis, wie in **Fig. 13** gezeigt, wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht **13** von 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem  $\text{SiO}_2$  16 gebildet.

**[0192]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das MBE Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält.

### Beispiel 3

**[0193]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0194]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet wurden.

**[0195]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Gas:	$\text{SiH}_4$
Hochfrequenzleistung:	100 W
Temperatur:	800° C
Druck	$1 \times 10^{-2}$ Torr
Wachstumsrate:	2,5 nm/Sekunde

**[0196]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100  $\mu\text{m}$  breiten Rißlinien zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$  mit einer wäßrigen Ätzlösung aus 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 gebildet.

**[0197]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Schicht angeordnet.

**[0198]** Indem in einer Stickstoffatmosphäre von 800 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0199]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0200]** Danach wurden gebondete Substrate nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure und 30 wäßriges Wasserstoffperoxid (1 : 5) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Ätzrillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0201]** Nach 17 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat, auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0202]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 17 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht war vernachlässigbar gering.

**[0203]** Als ein Ergebnis wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 0,1 µm Dicke auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0204]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions- Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1 µm dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 4

**[0205]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200 µm Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0206]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet werden.

**[0207]** Indem das Flüssigphasenverfahren des epitaxialen Wachstumsverfahren verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 5 µm Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Lösungsmedium:	Sn
Wachstumstemperatur:	900°C
Wachstumsatmosphäre	H <sub>2</sub>
Wachstumszeit:	50 Minuten

**[0208]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100 µm breiten Rißlinien zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25 µm mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0209]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Schicht angeordnet.

**[0210]** Indem in einer Stickstoffatmosphäre von 900 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0211]** Ein Teil so dick wie ungefähr 190 µm des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0212]** Danach wurden gebondete Substrate nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure und Alkohol (10 : 1) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0213]** Nach 21 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat, auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0214]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 21 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Schicht war vernachlässigbar gering. Eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 5 µm wurde so auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0215]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das epitaxiale Flüssigphasenverfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1 µm dicke SOI Struktur gebildet wurde.

sigphasenwachstumsverfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 5 µm dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 5

**[0216]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200 µm Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0217]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet wurden.

**[0218]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,1 µm Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Ausgangsgas:	SiH <sub>4</sub>
Trägergas:	H <sub>2</sub>
Temperatur:	850°C
Druck	1 × 10 <sup>-2</sup> Torr
Wachstumsrate:	3,3 nm/Sekunde

**[0219]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100 µm breiten Rißlinien zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25 µm mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0220]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Schicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 800 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0221]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180 µm des Siliciumsubstrats A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0222]** Danach wurden die gebondeten Substrate unter Rühren, in einer Lösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure enthält, getaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0223]** Nach 20 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat, auf dem Oxidfilm zurückgelassen, wobei sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0224]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger selbst 20 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0225]** Als ein Ergebnis wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 0,1 µm Dicke auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0226]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das CVD Verfahren von niedrigem Druck verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1 µm dicke SOI Struktur gebildet wurde.

## Beispiel 6

**[0227]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0228]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet wurden.

**[0229]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu$  Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Temperatur:	900°C
H <sub>2</sub> :	150 l/Minute
SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> :	1 l/Minute
Druck	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten
Filmdicke:	2 $\mu$ m

**[0230]** Nachdem der Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern mit 100  $\mu$ m breiten Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm zwischen ihnen durchgeführt, indem photolithographische Standardverfahren verwendet wurden und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu$ m mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure : konzentrierte Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0231]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0232]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu$ m des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0233]** Danach wurde die gebondeten Substrate nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die eine gepufferte Fluorwasserstoffsäure (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 % Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure) und Alkohol (10 : 1) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0234]** Nach 23 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0235]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 23 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Siliciumschicht war vernachlässigbar gering. Eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 2  $\mu$ m Dicke wurde auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0236]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält.

## Beispiel 7

**[0237]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$ m Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0238]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet werden.



**[0239]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu$  Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Temperatur:	900°C
H <sub>2</sub> :	150 l/Minute
SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> :	1 l/Minute
Druck	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten
Filmdicke:	2 $\mu$ m

**[0240]** Nachdem der Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern mit 100  $\mu$ m breiten Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm zwischen ihnen durchgeführt, indem photolithographische Standardverfahren verwendet wurden und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu$ m mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierte Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0241]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das aus einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke gemacht wurde, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0242]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu$ m des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0243]** Danach wurde das gebondeten Substrate unter Rühren, in einer Lösung, die eine gepufferte Fluorwasserstoffsäure (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 % Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure) und 30 % wäßrigem Wasserstoffperoxid (1 : 5) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wird.

**[0244]** Nach 16 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden. Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger selbst 16 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0245]** Als Ergebnis wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 2  $\mu$ m Dicke auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0246]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält.

#### Beispiel 8

**[0247]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer HF Lösung anodisiert.

**[0248]** Die Bedingungen zur Anodisierung waren identisch zu denen, die in Beispiel 1 verwendet werden.

**[0249]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu$ m Dicke auf dem porösen Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung waren wie folgt

Temperatur:	900°C
H <sub>2</sub> :	150 l/Minute
SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> :	1 l/Minute
Druck	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten
Filmdicke:	2 µm

**[0250]** Nachdem der Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern mit 100 µm breiten Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm zwischen ihnen durchgeführt, indem photolithographische Standardverfahren verwendet wurden und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25 µm mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierte Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0251]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Siliciumsubstrat B, das eine Lamination einer Nitridschicht von 1000 Angström Dicke und einer oxidierten Oberfläche von 5000 Angström Dicke aufwies, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht porösen epitaktischen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0252]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180 µm des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt.

**[0253]** Danach wurde das gebondeten Substrate unter Rühren, in einer Lösung aus gepufferter Fluorwasserstoffsäure (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 % Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure) getaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wurde.

**[0254]** Nach 22 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat A komplett entfernt wurden.

**[0255]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger selbst 22 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0256]** Als ein Ergebnis wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht von 2 µm Dicke auf dem SiO<sub>2</sub> gebildet.

**[0257]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält.

**[0258]** Um auf einer isolierenden Schicht, eine Siliciumschicht deren Kristallinität so ausgezeichnet ist, wie die eines monokristallinen Wafers, wobei die Beispiele 1 bis 8, die oben im Detail beschrieben sind, ein besonders ausgezeichnetes Verfahren vom Standpunkt der Produktivität, Einheitlichkeit, Kontrollfähigkeit und Ökonomie bieten.

**[0259]** Da die Bildung von Rillen das gleiche Isolatorsubstrat erlaubt mit einer Vielzahl von dielektrisch isolierten kristallinen Inseln zu versehen, die eine Kristallinität zeigen, die so ausgezeichnet ist, wie die von einem monokristallinen Wafer, wobei eine substantielle Verbesserung bei der Produktivität, Einheitlichkeit, Kontrollfähigkeit und ökonomischen Faktor erreicht wird, insbesondere, wenn eine Vielzahl an dielektrisch isolierten elektronischen Vorrichtungen auf einem üblichen Substrat zur Verfügung gestellt werden.

**[0260]** Bei einem porösen Siliciums kann eine nasse chemische Ätzlösung verwendet werden, die nicht nachteilig das Halbleiterverfahren beeinflusst und das selektive Verhältnis der Ätzrate des porösen Silicium zu der des nicht porösen Siliciums ist so groß wie 10<sup>5</sup> oder mehr; so dass eine dramatische Verbesserungen bei der

Kontrollfähigkeit und Produktivität erreicht wird.

#### Beispiel 9

**[0261]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 30 mA/cm<sup>2</sup> und eine ungefähr 2  $\mu$ m dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ, mit einer Dauer von Sekunden, gebildet.

**[0262]** Indem das Bias-Sputterverfahren verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 0,05  $\mu$ m Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom p-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

**[0263]** Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend:

#### Bedingungen der Oberflächereinigung

RF Frequenz:	100 MHz
Hochfrequenzleistung:	5 W
Temperatur:	380 °C
Ar Gasdruck:	$15 \times 10^{-3}$ Torr
Reinigungszeit:	5 Minuten
Direkter Stromzielbias:	-5 V
Direkte Substratstrombias:	+5 V

#### Filmbildung

RF Frequenz:	100 MHz
Hochfrequenzleistung:	100 W
Temperatur:	380 °C
Ar Gasdruck:	$15 \times 10^{-3}$ Torr
Wachstumszeit:	3 Minuten
Filmdickewachstum:	0,05 $\mu$ m
Direkter Stromzielbias:	-150 V
Direkte Substratstrombias:	+10 V

**[0264]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100  $\mu$ m breiten Rißlinien zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu$ m, mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0265]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Glassubstrat, das einen Erweichungspunkt von ungefähr 500 °C aufweist, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurden auf einander auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 450 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0266]** Als nächstes wurde ein Plasma CVD Verfahren verwendet, wobei eine 0,1  $\mu$ m Dicke Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Schicht als Ätzstopper abgeschieden wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bredecken.

**[0267]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu$ m des Siliciumsubstrat A wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Die gebondeten Substrate wurden nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 Fluorwasserstoffsäure, einen Alkohol und 30 % wäßriges Wasserstoffperoxid (10 : 6 : 50) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wurde.

**[0268]** Nach 17 Stunden wurde die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat, auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während

sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0269]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 17 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht war vernachlässigbar gering. Wie bei der perspektivischen Ansicht von **Fig. 15** gezeigt, mit der entfernten  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, wurde eine nicht poröse monokristalline Siliciumschicht 13 von 0,05  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem Hartglas 15 gebildet.

**[0270]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs (electron wax) zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt: kann nur eine poröse Siliciumschicht entfernt werden.

**[0271]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das BS Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,05  $\mu\text{m}$  Dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 10

**[0272]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 10  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 5000 Angström Dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ gebildet.

**[0273]** Indem das MBE Verfahren (Molekulare Strahlepitaxieverfahren) verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,1  $\mu$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

**[0274]** Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend:

#### Bedingungen der Oberflächereinigung

Temperatur:	700 °C
Druck:	$15 \times 10^{-9}$
Wachstumsrate:	0,1 nm/Sekunde

**[0275]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100  $\mu\text{m}$  breiten Rißlinien zu bilden, wobei ein Abstand von 1 mm zwischen ihnen besteht, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure : konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0276]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurde auf einander auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 700 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrate stark zusammen gebondet.

**[0277]** Als nächstes, indem ein Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wobei eine 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht als Ätzstopper angeordnet wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0278]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate nass gemacht, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure, einen Alkohol und 30 wäßriges Wasserstoffperoxid (10 : 6 : 50) enthält. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat A abgehoben wurde.

**[0279]** Nach 9 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0280]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger selbst 9 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0281]** Wie bei der perspektivischen Ansicht von **Fig. 16** gezeigt, mit der entfernten  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, wurde eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0282]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt und nur eine Siliciumschicht, die poröse gemacht wird, kann entfernt werden.

**[0283]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das MBE Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 11

**[0284]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 10  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 5000 Angström Dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ gebildet.

**[0285]** Indem das Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom p-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Hochfrequenzleistung:	100 W
Temperatur:	800 °C
Druck:	$1 \times 10^{-2}$ Torr
Wachstumsrate:	2,5 nm/Sekunde

**[0286]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 100  $\mu\text{m}$  breite Rißlinien zu bilden, wobei ein Abstand von 1 mm zwischen ihnen ist, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure : konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0287]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurden auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Stickstoffatmosphäre von 800 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Substrate stark zusammen gebondet.

**[0288]** Als nächstes, indem ein Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0289]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 Fluorwasserstoffsäure und 30 o wäßriges Wasserstoffperoxid (1 5) enthält, eingetaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wird.

**[0290]** Nach 160 Minuten wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0291]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie

1000 Angström oder weniger, selbst 3 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0292]** Wenn die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0293]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt und nur eine Siliciumschicht, die porös gemacht wurde, kann entfernt werden.

**[0294]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 12

**[0295]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 10  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 5000 Angström Dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ gebildet.

**[0296]** Indem das Flüssigphasen- Wachstumsverfahren verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,5  $\mu\text{m}$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom p-Typ (**100**) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Lösungsmittel:	Sn
Wachstumstemperatur:	900°C
Wachstumsatmosphäre:	$\text{H}_2$
Wachstumszeit:	5 Minuten

**[0297]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, indem 6 mm mal 6 mm Quadrate mit 100  $\mu\text{m}$  breiten Rißlinien gebildet wurden, indem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0298]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurden auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Stickstoffatmosphäre von 900 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0299]** Als nächstes, indem ein Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine 0,1  $\mu\text{m}$  Dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden, um die zwei gebondete Substrate zu bedecken.

**[0300]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung, die 49 Fluorwasserstoffsäure und Alkohol (10 : 1) enthält, nass gemacht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über die Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wurde.

**[0301]** Nach 21 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl das poröse Silicium als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurde.

**[0302]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 21 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen

Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0303]** Wenn die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 5  $\mu\text{m}$  Dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0304]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt und nur eine Siliciumschicht, die poröse gemacht worden ist, kann entfernt werden.

**[0305]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskop, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem das Flüssigphasen Wachstumsverfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 5  $\mu\text{m}$  Dicke SOI Struktur gebildet wurde.

### Beispiel 13

**[0306]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 30  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom n-Typ während 60 Sekunden gebildet.

**[0307]** Indem das CVD Verfahren vom niedrigen Druck verwendet wurde, wurde eine epitaktische Siliciumschicht von 0,5  $\mu$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom n-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Ausgangsgas:	$\text{SiH}_4$ 800 SCCM
Trärgas:	$\text{H}_2$ 150 l/Minute
Temperatur:	850°C
Druck:	$1 \times 10^{-2}$ Torr
Wachstumsrate:	3,3 nm/Sekunde

**[0308]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 100  $\mu\text{m}$  breite Rißlinien zu bilden, indem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure : konzentrierter Salpetersäure : Essigsäure = 1 : 3 : 8 enthält, gebildet.

**[0309]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurde auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 800 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0310]** Als nächstes, indem ein Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wobei eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0311]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert, indem eine Lapptechnik (lapping technique) verwendet wurde und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung aus 49 Fluorwasserstoffsäure eingetaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wurde.

**[0312]** Nach 20 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von Inseln, jede 6 mm mal 6 mm im Quadrat auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0313]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 20 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen

Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0314]** Nachdem die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0315]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt: Nur eine poröse Siliciumschicht kann entfernt werden.

**[0316]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem ein CVD Verfahren von niedrigem Druck verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 0,1  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 14

**[0317]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 30  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ während 60 Sekunden gebildet.

**[0318]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu\text{m}$  dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom n-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Substrattemperatur:	900 °C
Trärgas:	$\text{H}_2$ 150 l/Minute
Ausgangsgas:	$\text{Si}_2\text{Cl}_2$ 1 l/Minute
Druck:	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten

**[0319]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 100  $\mu\text{m}$  breite Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm dazwischen zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen monokristallinen Schicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure, konzentrierter Salpetersäure, Essigsäure (1 : 3 : 8) enthält, gebildet.

**[0320]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurden auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0321]** Als nächstes, indem ein verstärktes Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wobei eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0322]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung, die 10 Teile BHF (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 Ammoniumfluorid und 4, 5 % Fluorwasserstoffsäure) und einem Teil Alkohol enthält, eingetaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wird.

**[0323]** Nach 12 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0324]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie



1000 Angström oder weniger, selbst 12 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht porösen Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0325]** Nachdem die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 2  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0326]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt: Nur eine poröse Siliciumschicht kann entfernt werden.

**[0327]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem CVD Verfahren verwendet wurden, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 15

**[0328]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 30  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ während 60 Sekunden gebildet.

**[0329]** Indem das CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu\text{m}$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom p-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Substrattemperatur	900 °C
Trärgas:	$\text{H}_2$ 150 l/Minute
Ausgangsgas:	$\text{Si}_2\text{Cl}_2$ 1 l/Minute
Druck:	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten

**[0330]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 100  $\mu\text{m}$  breite Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm dazwischen zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen monokristallinen Schicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure, konzentrierter Salpetersäure, Essigsäure (1 : 3 : 8) enthält, gebildet.

**[0331]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurden auf der Oberfläche der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0332]** Als nächstes, indem ein verstärktes Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wobei eine 0;1  $\mu\text{m}$  dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0333]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung, die 1 Teil BHF (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure) und 5 Teile 30 % wäßriges Wasserstoffperoxid enthält, eingetaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wurde.

**[0334]** Nach 8 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Hartglassubstrat zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

**[0335]** Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 8 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Schicht war vernachlässigbar gering.

**[0336]** Nachdem die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 2  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

**[0337]** Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt: nur eine poröse Siliciumschicht kann entfernt werden.

**[0338]** Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während sie eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

#### Beispiel 16

**[0339]** Ein monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200  $\mu\text{m}$  Dicke wurde in einer 50% HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte, die dann verwendet wurde, betrug 30  $\text{mA}/\text{cm}^2$  und eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke poröse Siliciumschicht wurde auf dem Siliciumsubstrat vom p-Typ während 60 Sekunden gebildet.

**[0340]** Indem das Plasma CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht von 2  $\mu\text{m}$  Dicke auf der porösen Siliciumschicht des Siliciumsubstrats vom p-Typ (100) bei niedriger Temperatur wachsen gelassen.

Die Bedingungen zur Abscheidung sind wie folgend

Substrattemperatur	900 °C
Trärgas:	$\text{H}_2$ 150 l/Minute
Ausgangsgas:	$\text{Si}_2\text{Cl}_2$ 1 l/Minute
Druck:	80 Torr
Wachstumszeit:	5 Minuten

**[0341]** Nachdem ein Resist auf die Oberfläche der gewachsenen epitaktischen Schicht aufgebracht wurde, wurde ein Mustern durchgeführt, um 100  $\mu\text{m}$  breite Rißlinien mit einem Abstand von 1 mm dazwischen zu bilden, in dem ein photolithographisches Standardverfahren verwendet wurde und dann wurden Rillen durch Ätzen der nicht porösen Siliciumschicht, der porösen Siliciumschicht und des Siliciumsubstrats von ungefähr 25  $\mu\text{m}$ , mit einer wäßrigen Ätzlösung, die 49 % Fluorwasserstoffsäure, konzentrierter Salpetersäure und Essigsäure (1 : 3 : 8) enthält, gebildet.

**[0342]** Der Resist wurde entfernt und das Substrat wurde einem Standardreinigungsschritt des Substrats unterworfen. Ein Hartglassubstrat, das einem optischen Polieren unterworfen wurde, wurde auf der Oberfläche der nicht porösen monokristallinen Siliciumschicht angeordnet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre von 600 °C 0,5 Stunden lang erwärmt wurde, wurden beide Siliciumsubstrat stark zusammen gebondet.

**[0343]** Als nächstes, indem ein verstärktes CVD Verfahren verwendet wurde, wobei eine 0,1  $\mu\text{m}$  dicke  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht abgeschieden wurde, um die zwei gebondeten Substrate zu bedecken.

**[0344]** Ein Teil so dick wie ungefähr 180  $\mu\text{m}$  des Siliciumsubstrat wurde von seiner rückwärtigen Oberfläche bei einem Polierschritt weg poliert und geätzte Rillen, die Rißlinien waren, wurden freigelegt. Danach wurden die gebondeten Substrate, ohne Rühren, in einer Lösung aus BHF (eine wäßrige Lösung aus einer Mischung aus 36 Ammoniumfluorid und 4,5 % Fluorwasserstoffsäure) eingetaucht. Die poröse Siliciumschicht wurde selektiv über Rillen geätzt, wobei das Siliciumsubstrat abgehoben wird.

**[0345]** Nach 11 Stunden wurde nur die nicht poröse monokristalline Siliciumschicht, ohne geätzt zu werden, in der Form von 1 mm breiten Bändern auf dem Oxidfilm zurückgelassen, während sowohl die poröse Siliciumschicht als auch das Siliciumsubstrat komplett entfernt wurden.

[0346] Die Ätzrate des nicht porösen monokristallinen Siliciums mit der Ätzlösung war extrem gering, wie 1000 Angström oder weniger, selbst 11 Stunden später. Das selektive Verhältnis der Ätzrate der porösen Schicht zu der der nicht porösen Schicht war so groß wie  $10^5$  oder mehr. Die Ätzmenge, als ein Ergebnis des Seitenätzens, bei der nicht poröse Siliciumschicht war vernachlässigbar gering.

[0347] Nachdem die  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht entfernt wurde, wurde eine 2  $\mu\text{m}$  dicke monokristalline Siliciumschicht auf dem Hartglassubstrat gebildet.

[0348] Als Alternative zu der  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Schicht, kann Apiezonwachs oder Elektronenwachs zur Bedeckung verwendet werden, die äquivalente verdienstvolle Effekte zur Verfügung stellt: Nur eine poröse Siliciumschicht kann entfernt werden.

[0349] Bei der Beobachtung von Schnittansichten der Substrate mittels eines Transmissions-Elektronenmikroskops, wurde enthüllt, dass die nicht poröse Siliciumschicht, die hergestellt wurde, indem CVD Verfahren verwendet wurde, frei von neu eingeführten Kristalldefekten war, während es eine gute Kristallinität behält. Die Beobachtung enthüllt auch, dass eine ungefähr 2  $\mu\text{m}$  dicke SOI Struktur gebildet wurde.

[0350] Um auf einer lichtdurchlässigen isolierenden Schicht, typischer Weise wie ein Glassubstrat, eine Siliciumschicht deren Kristallinität so ausgezeichnet ist, wie die eines monokristallinen Wafers, wobei die Beispiele 9 bis 16, die im oben im Detail beschrieben sind, bieten ein besonders ausgezeichnetes Verfahren vom Standpunkt der Produktivität, Einheitlichkeit, Kontrollfähigkeit und Ökonomie an.

[0351] Da die Bildung von Rillen es erlaubt das gleiche Isolatorsubstrat mit einer Vielzahl von dielektrisch isolierten Kristallinseln bereitzustellen, die eine Kristallinität zeigen, die so ausgezeichnet wie die von einem monokristallinen Wafer ist, wobei eine substantielle Verbesserung bei der Produktivität, Einheitlichkeit, Kontrollfähigkeit und ökonomischem Faktor erreicht wird, insbesondere, wenn eine Vielzahl an dielektrisch isolierten elektronischen Vorrichtungen auf einem üblichen Substrat zur Verfügung gestellt wird.

[0352] Bei einem Ätzen eines porösen Siliciums kann eine nasse chemische Ätzlösung verwendet werden, die nicht nachteilig das Halbleiterverfahren beeinflusst und das selektive Verhältnis der Ätzrate des porösen Silicium zu der des nicht porösen Siliciums ist so groß wie  $10^5$  oder mehr; so dass eine dramatische Verbesserungen bei der Kontrollfähigkeit und Produktivität erreicht wurde.

#### Beispiel 17

[0353] Beispiel 17 der vorliegende Erfindung wird unten beschrieben werden.

[0354] Bezugnehmend auf Verfahrenszeichnungen in den **Fig.** 19A bis 19E, Beispiel 17 wird beschrieben werden.

[0355] Eine Siliciumschicht **32** vom n-Typ wurde einer Ionenimplantation mit Borionen von  $1 \times 10^{14} - 1 \times 10^{16}$  unterworfen und dann einer Wärmebehandlung unterworfen, um ein Substrat zu bilden. Dieses Substrat wurde in einer 50 % HF Lösung anodisiert. Die Stromdichte betrug dann 100 mA/cm<sup>2</sup>. Die Porositäts-bildende Rate betrug dann 8,4  $\mu\text{m}$ /Minute. Die gesamte Siliciumschicht **31** vom p-Typ (100) von 10  $\mu\text{m}$  dicke, wurde porös während einer Dauer von 2 Minuten. Wie schon beschrieben, bei diesem Anodisierungsverfahren, wurde die Siliciumschicht **31** vom p-Typ (100) nur porös, mit dem Siliciumsubstrat **32** vom n-Typ, die unbeeinflusst durch dieses Verfahren (**Fig.** 19A) verblieb.

[0356] Bei der obigen Erklärung wurde eine Verunreinigung vom n-Typ in ein Substrat vom n-Typ eingeführt und der Diffusionsbereich vom p-Typ wurde selektiv porös gemacht. Alternativ wurde ein Substrat vom p-Typ bis zu einer Tiefe von 50  $\mu\text{m}$  durch Kontrolle der Zeit des Porositätsverfahren porös gemacht.

[0357] Als nächstes wurde eine nicht poröse monokristalline epitaktische Siliciumschicht **33** auf der porösen Siliciumschicht **31** (**Fig.** 19B ) wachsen gelassen.

[0358] Eine thermische Oxidationsschicht **34** von 5000 Angström Dicke wurde dann auf der Spitze der nicht poröse monokristallinen Siliciumschicht **33** in einer Gasmischung aus Wasserstoff und Sauerstoff bei 1100 °C für 50 Minuten wachsen gelassen.

[0359] Um seinen Maskierungseffekt zu verstärken, kann ein Oxidfilm und ein Nitridfilm in einer laminierten

Struktur gebildet werden.

**[0360]** Indem die isolierende Schicht **34** auf ein gewünschtes Muster gemustert wird, wurde seine Oberfläche uneben gemacht (**Fig. 19C**).

**[0361]** Das schon erwähnte Porositätsverfahren wurde wieder mit der isolierenden Schicht **34**, die als Maskierungsmaterial verwendet wird, durchgeführt, indem nur exponierten Teilen der nicht porösen monokristallinen Siliciumschicht **33** ermöglicht wurde, d.h. Vertiefungsteilen der Unebenheit der Oberfläche, porös zu werden (**Fig. 19D**).

**[0362]** Ein Siliciumsubstrat **35** als ein zweites Substrat wurde auf einer unebenen Oberfläche einer Isolationsschicht **34** eines ersten Substrats gebondet. Indem in einer Sauerstoffatmosphäre bei 1000 °C für 2 Stunden erwärmt wurde, wurden beide Substrate stark zusammen gebondet (**Fig. 19E**).

**[0363]** Die poröse Schicht **31** wurde durch ein Ätzverfahren entfernt. Wie schon erwähnt, betrug die Ätzrate des allgemeinen monokristallinen Silicium mit einer Lösung, die 49 Fluorwasserstoffsäure, konzentrierter Salpetersäure und Essigsäure (1 : 3 : 8) enthält, ungefähr 1 Mikrometer/Minute, während die Ätzrate der porösen Schicht **100** mal schneller war. Speziell wurde die poröse Halbleiterschicht **31** von 10 Mikrometer Dicke innerhalb von 10 Sekunden entfernt und dann wurde das Siliciumsubstrat **32** entfernt.

**[0364]** Die monokristalline Siliciumschicht **33** von 0,5 µm Dicke wurde so auf der Isolationsschicht **34** (**Fig. 19F**) gebildet.

**[0365]** Bei **Fig. 19 G** wurde die Oxidation durchgeführt, um jede Insel zu isolieren, während die Grenzen zwischen der porösen Schicht und der nicht poröse Schicht entfernt wurden.

#### Beispiel 18

**[0366]** Obwohl Porosität verwendet wurde, um eine Unebenheit auf der Oberfläche eines Substrat in Beispiel 17 herzustellen, ist ein anderes Verfahren möglich.

**[0367]** Dieses Verfahren war eines bei dem die Unebenheit durch trockenes Ätzen von Silicium gebildet wurde.

**[0368]** In einer ähnlicher Weise zu Beispiel 17 wurde ein Halbleitersubstrat, das in **Fig. 27A** gezeigt wird, hergestellt. Als eine Isolationsschicht **34**, die als Maskierungsmaterial verwendet werden soll, wurde ein Oxidfilm verwendet. Anstelle von dieser kann eine Nitridschicht oder Resist verwendet werden. In einem Verfahren des trockenen Ätzens ist das selektive Verhältnis der Siliciumschicht/ Isolationsschicht **10** mal größer oder mehr als das bei der Bildung einer porösen Struktur. Daher kann die Dicke des Maskierungsmaterial dünner gemacht werden.

**[0369]** Ein Halbleitersubstrat, das in **Fig. 27B** gezeigt wird, wurde durch trockenes Ätzen hergestellt, indem Cl<sub>2</sub> Basisgas verwendet wurde. Anders als das Verfahren der Porosität, kann die Gestalt der monokristallinen Schicht **33** flexibel durch Kontrolle einer Eingangsleistung, des Drucks und ähnlichem geändert werden. Das Halbleitersubstrat wurde wieder oxidiert, was zu dem Halbleitersubstrat führt, das in **Fig. 27C** gezeigt wird.

**[0370]** Um ein Isolationssubstrat, eine Siliciumschicht von der die Kristallinität so ausgezeichnet ist wie die des monokristallinen Wafers, herzustellen, wobei die Beispiele 17 und 18, die oben im Detail beschrieben werden, ein ausgezeichnetes Verfahren vom Standpunkt der Produktivität, Einheitlichkeit, Kontrollfähigkeit und Ökonomie offerieren.

**[0371]** Unebenheit, die auf der Bondingoberfläche des Substrats gebildet wird, verstärkt besonders die Fähigkeit des Bondings des Substrats in dem Ausmaß, dass eine hergestellte monokristalline Siliciumschicht einheitlich und robust ist, aber frei von allen Defekten, wie einer Fehlstelle.

**[0372]** Bei der Struktur des Halbleitersubstrats, das oben erwähnt wird, können vorgesehene Bereiche der Unebenheit flexibel gebildet werden, wo auch immer sie für das Design notwendig sind und dann können sie gebondet werden. Vertiefungsbereiche der Unebenheit, die nicht gebondet sind, können für einen Isolationsbereich oder für einen Verdrahtungsbereich zwischen Halbleitervorrichtungen reserviert werden.

**[0373]** Des weiteren, da das Verfahren, das oben erwähnt wird, vollständig innerhalb einer verkürzten Zeit vollendet wird, können seine Produktivität und sein Ökonomiefaktor bei seiner industriellen Anwendung substantielle verbessert werden.

#### Beispiel 19

**[0374]** Bezugnehmend jetzt auf **Fig. 10** und **Fig. 20** wird das erfindungsgemäße Beispiel 19 unten beschrieben.

**[0375]** Wie in dem Schritt in **Fig. 20A** gezeigt, wurde ein 4 -Inch monokristallines Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) von 200 µm dicke (0,1 – 0,2 ohmcm) hergestellt (1 Inch = 2,54 cm). Das Substrat wurde in einer Vorrichtung, die in **Fig. 10** gezeigt wird anodisiert und eine poröse Siliciumschicht **101** wurde erhalten. Die Lösung **204**, die dann verwendet wurde, war eine 49 % HF Lösung und die Stromdichte betrug 100 mA/cm<sup>2</sup>. Die Bildungsrate der Porosität betrug 8,4 µm/Minute und das 200 µm dicke Siliciumsubstrat vom p-Typ (100) wurde vollständig innerhalb von 24 Minuten porös gemacht.

**[0376]** Wie in Schritt B, indem ein CVD Verfahren verwendet wurde, wurde eine 1,0 µm monokristalline Siliciumschicht 102 epitaxial auf der Spitze des porösen Siliciumsubstrats 101 vom p-Typ (100) wachsen gelassen. Die Bedingungen für die

Abscheidung waren wie folgt

Gas:	SiH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub>
Gasflussrate:	0,62/140 (l/Minute)
Temperatur:	750°C
Druck	80 Torr
Wachstumsrate:	0,12 µm/Minute

**[0377]** Das Siliciumsubstrat wurde in einer gemischten Lösung aus Salzsäure, wäßriges Wasserstoffperoxid und Wasser gewaschen und dann getrocknet. Wie in Schritt C wurde ein 4-Inch Hartglassubstrat 110, das in einer ähnlichen Weise gewaschen wurde, auf das Siliciumsubstrat bei Raumtemperatur gebondet. Die gebondeten Substrate wurden dann einer ersten Wärmebehandlung bei 150 °C in einem Ofen für 20 Minuten unterworfen.

**[0378]** Wie in Schritt D, wurden die gebondeten Substrate in eine selektive Ätzlösung getaucht, was es ermöglicht, nur den porösen Teil 101 selektiv zu ätzen. Die Zusammensetzung der Ätzlösung und der Ätzrate sind wie folgend:

HF : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH = 5 : 25 : 6  
1,6 µm/Minute

**[0379]** Daher wurde der gesamte poröse Bereich von 200 µm Dicke innerhalb von ungefähr 125 Minuten geätzt. Als Vergleich betrug die Ätzrate der monokristallinen Siliciumschicht 102 0,0006 µm/Stunde und so wurde das meiste von ihr unbeeinflusst vom Ätzen gelassen. Da die Ätzrate des Hartglassubstrats 110 0,5 µm/Minute betrug, wurde es wahrscheinlich bei ungefähr 63 µm während der Ätzoperation geätzt. Die ursprüngliche Dicke des Hartglassubstrats betrug 525 µm und ihre resultierende Dicke nach dem Ätzen betrug wahrscheinlich ungefähr 462 µm.

**[0380]** Wie in Schritt E wurde die gesamte Fläche der monokristallinen Siliciumdünnschicht auf dem Hartglassubstrat 110 in Inseln gemustert, wobei jede 40 × 40 µm<sup>2</sup> im Quadrat betrug, mit 2 µm kreuzenden Linien, indem Standardverfahren der Photolithographie und des Ätzens verwendet wurden.

**[0381]** Dem Musterungsverfahren folgte eine zweite Wärmebehandlung, worin das Substrat in einer Stickstoffatmosphäre bei 1000 °C für 2 Stunden erwärmt wurde. Als ein Ergebnis wurde ein SOI Substrat erhalten, das mit einer monokristallinen Siliciumdünnschicht von 1 µm Dicke auf dem durchsichtigen Substrat bereitgestellt wurde.

#### Beispiel 20

**[0382]** Bezugnehmend jetzt auf **Fig. 28** wird das erfindungsgemäße Beispiel 20 unten im Detail beschrieben. Wie in dem Schritt A gezeigt, wurde ein monokristallines Siliciumsubstrat 300 vom p-Typ (100) von 200 µm

Dicke und von 0,01  $\Omega\text{cm}$  Widerstand hergestellt. Das gesamte Substrat wurde in der gleichen Vorrichtung wie in Beispiel 19 porös gemacht, um das poröse Substrat **301** zu bilden.

**[0383]** Wie in Schritt B wurde eine 0,5  $\mu\text{m}$  epitaktische Siliciumschicht **302** auf der Oberfläche des porösen Siliciumsubstrats in der gleichen Weise wie in Beispiel 19 wachsen gelassen.

**[0384]** Das Siliciumsubstrat wurde in einer gemischten Lösung aus Salzsäure, wäßrigem Wasserstoffperoxid und Wasser gewaschen und dann getrocknet. Wie in Schritt C wurde ein 4-Inch Hartglassubstrat **310**, das in der gleichen Weise gewaschen wurde, auf das Siliciumsubstrat bei Raumtemperatur gebondet. Als Schutzfilm gegen das nächste selektive Ätzverfahren wurde eine Siliciumnitridschicht **303** von 0,3  $\mu\text{m}$  Dicke auf der Seite dem Hartglassubstrat **310** der gebondeten Substrate abgeschieden, indem verstärktes Plasma CVD verwendet wurde. Die Abscheidungstemperatur des Siliciumnitridfilms **303** betrug 300 °C und dieses Verfahren arbeitete als erste Wärmebehandlung gut. Um die Eigenschaft der Ätzwiderstandsfähigkeit gegen Fluorwasserstoffsäure zu steigern, enthält der Nitridfilm **303** einen höheren Siliciumgehalt als die übliche Zusammensetzung; wobei der Nitridfilm **303** ein Verhältnis von Si : N = 3,7 : 4 aufweist.

**[0385]** Wie in Schritt D, wurde der poröse Siliciumteil **301** in einer ähnlichen Weise wie in Beispiel 19 selektiv geätzt. Der Siliciumnitridfilm **303** als Schutzfilm verschwand fast zu der gleichen Zeit als die porösen Schicht **301** komplett geätzt wurde und das Hartglassubstrat **310** wurde nun um einige  $\mu\text{m}$  geätzt.

**[0386]** Wie in Schritt E wurde die monokristalline Siliciumdünnschicht **302** in Schritt D auf dem Hartglassubstrat **310** in Inseln gemustert, die die Fläche, Gestalt und das Layout des Design der Halbleitervorrichtung angleichen. Zum Beispiel wurde eine  $4 \times 10 \mu\text{m}^2$  Insel, die Source- und Drainbereiche einschließt, gemustert, wo ein MOS Transistor mit 2  $\mu\text{m}$  Kanallänge und 4  $\mu\text{m}$  Kanalbreite gestaltet wurden.

**[0387]** Dem Musterungsverfahren folgte eine zweite Wärmebehandlung, worin das Substrat in einer Stickstoffatmosphäre bei 1000 °C für 2 Stunden erwärmt wurde. Als ein Ergebnis wurde ein SOI Substrat erhalten, das mit einer monokristallinen Siliciumdünnschicht von 0,5  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem durchsichtigen Substrat bereitgestellt wurde.

#### Beispiel 21

**[0388]** Bezugnehmend jetzt auf **Fig. 29** wird das erfindungsgemäße Beispiel 21 unten im Detail beschrieben.

**[0389]** Wie in dem Schritt A gezeigt, wurde ein monokristallines Siliciumsubstrat 400 vom p-Typ (100) von 400  $\mu\text{m}$  Dicke und von 0,01  $\Omega\text{cm}$  Widerstand hergestellt. Eine 20  $\mu\text{m}$  dicke poröse Schicht **401** wurde auf der Oberfläche des Substrats gebildet.

**[0390]** Wie in Schritt B wurde eine 0,5  $\mu\text{m}$  dicke epitaktische Schicht **402** auf einer Oberfläche der porösen Oberfläche in einer ähnlichen Weise zu der in Beispiel 19 wachsen gelassen.

**[0391]** Das Siliciumsubstrat wurde in einer gemischten Lösung aus Salzsäure, wäßrigem Wasserstoffperoxid und Wasser gewaschen und dann getrocknet. Wie in Schritt C wurde ein 4-Inch Hartglassubstrat **410**, das in einer ähnlichen Weise gewaschen wurde, auf das Siliciumsubstrat bei Raumtemperatur gebondet. Bei einer ersten Wärmebehandlung wurden die gebondeten Substrate bei 350 °C für 30 Minuten in einem Ofen erwärmt.

**[0392]** Wie in Schritt D, wurde der Siliciumsubstrat **400** insgesamt durch mechanisches Polieren weggeätzt und der poröse Teil **401** wurde exponiert. In einer ähnlichen Weise wie in Beispiel 19 wurde der poröse Siliciumteil **401** selektiv geätzt. Die Dicke der porösen Siliciumschicht **401**, die geätzt werden soll, betrug 20  $\mu\text{m}$  oder so und eine 10 minütige Ätzoperation vervollständigte das Ätzen der porösen Siliciumschicht **401**. Das Hartglassubstrat **410** verbleib praktisch unbeeinflusst vom Ätzen.

**[0393]** Wie in Schritt E wurde in ähnlicher Weise zu Beispiel 20 die monokristalline Siliciumdünnschicht **402**, die auf dem Hartglassubstrat **310** erhalten wurde, in Inseln gemustert, die die Fläche, Gestalt und das Layout des Design der Halbleitervorrichtung angleichen.

**[0394]** Dem Musterungsverfahren folgte eine zweite Wärmebehandlung, worin das Substrat in einer Stickstoffatmosphäre bei 1000 °C für 2 Stunden erwärmt wurde. Als ein Ergebnis wurde ein SOI Substrat erhalten, das mit einer monokristallinen Siliciumdünnschicht von 0,5  $\mu\text{m}$  Dicke auf dem durchsichtigen Substrat bereitgestellt wurde.

## Beispiel 22

**[0395]** Bezugnehmend jetzt auf **Fig. 30** wird das erfindungsgemäße Beispiel 22 unten im Detail beschrieben.

**[0396]** Wie in dem Schritt A gezeigt, wurde ein monokristallines Siliciumsubstrat **500** vom p-Typ (100) von 400 µm dicke und von 0,01 Ωcm Widerstand hergestellt. Eine 20 µm dicke poröse Schicht **501** wurde auf der Oberfläche des Substrats gebildet.

**[0397]** Wie in Schritt B wurde eine 0,5 µm dicke epitaktische Schicht **502** auf einer Oberfläche der porösen Oberfläche des Substrats in einer ähnlichen Weise zu der in Beispiel 19 wachsen gelassen. Die epitaktische Schicht **502** des Substrats wurde 0,2 µm von seiner Oberfläche in einem 1000 °C Dampf oxidiert. Als Ergebnis war die monokristalline epitaktische Siliciumschicht 0,4 µm dick und die Oxidschicht war 0,2 mm dick.

**[0398]** Das Siliciumsubstrat wurde in einer gemischten Lösung aus Salzsäure, wäßrigem Wasserstoffperoxid und Wasser gewaschen und dann getrocknet. Wie in Schritt C wurde ein 4-Inch Hartglassubstrat **510**, in der gleichen Weise gereinigt wurde, auf das Siliciumsubstrat bei Raumtemperatur gebondet. Bei einer ersten Wärmebehandlung wurden die gebondeten Substrate bei 350 °C für 30 Minuten in einem Ofen erwärmt.

**[0399]** Wie in Schritt D, wurde das Siliciumsubstrat **500** insgesamt durch mechanisches Polieren weggeätzt und der poröse Teil **501** wurde in einer ähnlichen Weise wie in Beispiel 21 exponiert.

**[0400]** Wie in Schritt E wurde in ähnlicher Weise zu Beispiel 21 die monokristalline Siliciumdünnschicht **502**, die auf dem Hartglassubstrat **510** erhalten wurde, in Inseln gemustert, die die Fläche, Gestalt und das Layout des Design der Halbleitervorrichtung angleichen.

**[0401]** Bei einem ersten Verfahren der Vorrichtungsbildung im Anschluß an das Musterungsverfahren wurde jeder Inselbereich bei 0,05 µm in einer Sauerstoffatmosphäre bei 1000 °C oxidiert. Dieses Oxidationsverfahren arbeitet auch als eine zweite Wärmebehandlung. Als ein Ergebnis wurde ein SOI Substrat mit einer monokristallinen Siliciumdünnschicht von 0,4 µm Dicke auf dem durchsichtigen Substrat erhalten.

**[0402]** Wie oben detailliert geschildert, wurde eine monokristalline Schicht, die auf einer porösen Siliciumschicht gewachsen ist, auf ein durchsichtiges Isolatorsubstrat gebondet, wobei die Bondingstärke der Grenzfläche zwischen den Substraten bei einer relativ niedrigen Temperatur bei einer ersten Wärmebehandlung leicht erhöht wird und die poröse Schicht wird vollständig durch Polieren und Ätzen entfernt, wobei der resultierende monokristalline Dünnschicht in Inseln geteilt wird und die Bondingstärke der Grenzfläche wird bei einer relativ hohen Temperatur in einer zweiten Wärmebehandlung verstärkt; so dass ein SOI Substrat in einer Weise hergestellt wird, die frei vom Brechen und Abschälen der Schicht und Verziehen des Substrats ist, wobei alle von ihnen sachkundig bei den üblichen Herstellungsverfahren sind, bei denen übliche Substrate, die verschiedene Koeffizienten der thermischen Expansion aufweisen, gebondet werden.

**[0403]** Des weiteren, da die epitaktisch gewachsene Schicht leicht bei der Dickeverteilung kontrolliert wird, zeigt die Dicke der Siliciumschicht eines SOI, das aus einem erfindungsgemäßen gebondeten Substrat resultiert, eine ausgezeichnete Verteilung. Da das SOI Substrat gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens eine licht-durchlässige Eigenschaft zeigt, kann eine funktionale Vorrichtung hergestellt werden, die diesen Vorteil von dieser Eigenschaft wahrnimmt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterartikels, wobei das Verfahren die Schritte des Herstellens eines ersten Substrats (**11; 25; 32; 101<sup>1</sup>; 400; 500**), das eine nicht poröse monokristalline Halbleiterschicht (**2; 13; 22; 33; 102; 45; 302; 402; 502;**) auf einem porösen Halbleiterbereich (**1; 12; 26; 31; 101; 41; 301; 401; 501**) aufweist;

Bonden der Oberfläche an der Seite der Halbleiterschicht des ersten Substrats auf einem zweiten Substrat (**3; 15; 23; 29; 35; 110; 44; 310; 410; 510**); Entfernen des porösen Halbleiterbereichs (**1; 12; 26; 31; 101; 41; 301; 401; 501**) in dem Zustand, dass die Halbleiterschicht auf das zweite Substrat gebondet wird, um dadurch die Halbleiterschicht (**2; 13; 22; 33; 102; 45; 302; 402; 502**) auf das zweite Substrat von dem ersten Substrat zu übertragen; und

Trennen der Halbleiterschicht in eine Vielzahl an Inselbereiche (**2a, 2b, 2c; 13; 22a, 22b, 22c; 33; 102; 45; 302; 402; 502**) vor dem Schritt des Bondens, aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Vielzahl der Inselbereiche durch einen dielektrischen Bereich (**34, 42**) isoliert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin das erste Substrat durch Umwandlung eines Teils der Oberflächenseite eines Substrats (**11; 25,32; 101'**) hergestellt wird, das einen Halbleiter in einem porösen Element (**12; 26; 31; 101**) aufweist und dann dem Bilden der monokristallinen Halbleiterschicht (**13; 22; 33; 102**) auf der Oberfläche des porösen Elements.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin das erste Substrat hergestellt wird, indem eine monokristalline Halbleiterschicht (**2; 22; 45; 302**) auf einem Substrat des porösen Halbleiters (**1; 26; 41; 301**) gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin das erste Substrat hergestellt wird, indem der Bereich, anders als der Teil der Oberflächenseite eines Substrats des monokristallinen Halbleiters, in ein poröses Element umgewandelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das erste Substrat eine isolierende Schicht (**24; 34; 417; 503**) auf der Oberflächenseite von der Halbleiterschicht aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das zweite Substrat (**29**) eine isolierende Oberfläche (**28**) aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin das zweite Substrat (**15; 44**), einen isolierenden Film (**16; 43**) aufweist, der sich auf einem Halbleitersubstrat befindet.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, worin das zweite Substrat (**110**) lichtdurchlässig ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Schritt der Entfernung des porösen Halbleiters durch nasses Ätzen durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Schritt der Entfernung des porösen Halbleiters einen mechanischen Polierschritt und einen Schritt des nassen Ätzens einschließt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Halbleiterschicht (**13; 22; 33; 102; 45; 302; 402; 502**) Silicium aufweist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und 9 bis 11, worin das zweite Substrat (**3; 23; 110; 310; 410; 510**) aus Quarz oder Glas gemacht ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und 9 bis 11, worin die Halbleiterschicht des ersten Substrats (**22; 102; 302; 402; 502**) aus Silicium gemacht ist und das zweite Substrat (**23; 110; 310; 410; 510**) aus Quarz oder Glas gemacht ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 10 und 11, worin die Halbleiterschicht des ersten Substrats (**13; 45**) aus Silicium gemacht ist und das zweite Substrat eine isolierende Schicht (**16; 43**) aufweist, die auf einem Siliciumsubstrat (**15; 44**) gebildet ist.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der poröse Halbleiterbereich (**12; 26; 31; 101; 41**) durch Anodisierung gebildet wird.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der poröse Halbleiterbereich (**26; 31; 41**) durch Anodisierung gebildet wird, indem eine Fluorwasserstoffsäurelösung verwendet wird.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Halbleiterschicht des ersten Substrats (**13; 22; 102; 45; 302; 402; 502**) durch epitaxiales Wachstum gebildet wird.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Halbleiterschicht von dem ersten Substrat epitaxial durch ein Verfahren wächst, das aus Biassputtern, molekularer Strahlenepitaxie, Plasma-unterstütztem CVD, Lichtunterstütztem CVD und Flüssigphasenepitaxie ausgewählt wird.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Dicke der Halbleiterschicht nicht



mehr als 100 µm beträgt.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Inselbereiche **(13)** durch zumindest eine Rille gebildet werden, die durch diese Halbleiterschicht **(13)** und durch den porösen Halbleiterbereich **(12)** gebildet wird, um einen darunterliegenden Bereich **(11)** zu erreichen.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 21, worin die Inselbereiche **(13)** durch zumindest eine Rille gebildet werden, die durch diese Halbleiterschicht **(13)** und durch den porösen Halbleiterbereich **(12)** gebildet wird, um einen darunterliegenden Bereich **(11)** zu erreichen, und der Schritt der Entfernung des porösen Halbleiterbereichs schließt die Schritte des Polierens des darunterliegenden Bereichs ein bis die Rille erreicht ist und dann das Durchführen des nassen Ätzens.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 22, worin die Inselbereiche durch zumindest eine Rille gebildet werden, die durch diese Halbleiterschicht und durch den porösen Halbleiterbereich gebildet wird, um einen darunterliegenden Bereich zu erreichen, und der Schritt der Entfernung des porösen Halbleiterbereichs schließt die Schritte des Bedeckens der Rückseite des zweiten Substrats mit einem das Ätzen verhindernden Film ein und dann die Durchführung des nassen Ätzens.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, worin die Inselbereiche **(22a, 22b, 22c)** durch zumindest eine Rille über die Halbleiterschicht **(22)** gebildet werden, um zumindest einen Teil des porösen Halbleiterbereichs **(26)** zu erreichen.

25. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, worin die Inselbereiche **(33; 45)** gebildet werden, indem die Halbleiterschicht **(33)** mit einer isolierenden Schicht **(34; 42)** in einer ausgewählten Struktur bereitgestellt wird und dem Entfernen des Teils der Halbleiterschicht, die nicht mit der isolierenden Schicht bedeckt ist.

26. Verfahren nach Anspruch 25, worin der Schritt des Bondens nach den Schritten der Bereitstellung einer isolierenden Schicht **(42)** in einer ausgewählten Struktur auf der Halbleiterschicht ausgeführt wird, indem die Inselbereiche **(45)** gebildet werden und dann der Umwandlung des exponierten Teils von der Halbleiterschicht **(45)** durch die isolierende Schicht in ein isolierendes Material **(417)**.

27. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das weiter den Schritt der Bildung des Halbleiterelements aufweist, indem die übertragene Halbleiterschicht verwendet wird.

28. Verfahren nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verfahren weiter den Schritt der Wärmebehandlung der Halbleiterschicht aufweist, die in Inselbereiche auf dem isolierenden Substrat getrennt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, worin der Schritt des Bondens einen Schritt der Wärmebehandlung bei einer Temperatur von nicht höher als 600 °C einschließt.

30. Verfahren nach Anspruch 29, worin die Temperatur in dem Schritt der Wärmebehandlung der Halbleiterschicht höher als der bei der Wärmebehandlung bei dem Bondingschritt ist.

31. Verfahren nach Anspruch 30, worin die Temperatur bei dem Schritt der Wärmebehandlung der Halbleiterschicht 800 °C oder höher ist.

32. Verfahren nach Anspruch 28, worin die Dicke der Halbleiterschicht nicht mehr als 2 µm beträgt.

33. Verfahren nach Anspruch 28, das weiter den Schritt der Bildung eines Halbleiterelements in den Inselbereichen aufweist.

34. Verfahren nach Anspruch 6, worin die isolierende Schicht durch thermische Oxidation gebildet wird.

35. Verfahren nach Anspruch 1, worin das zweite Substrat aus Silicium gemacht wird.

36. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter die Schritte aufweist: Bildung des porösen Halbleiterbereichs **(26)** auf einer Oberfläche des Siliciumsubstrats **(25)**; Entfernung eines Teils der nicht porösen monokristallinen Halbleiterschicht **(22)**, um so den porösen Halbleiterbereich zu erreichen, wodurch die Inselbereiche **(22a, 22b)**

**22c)** gebildet werden; und nach dem Bondingschritt, die Entfernung des porösen Halbleiterbereichs (**26**), um das Siliciumsubstrat (**25**) zu spalten.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

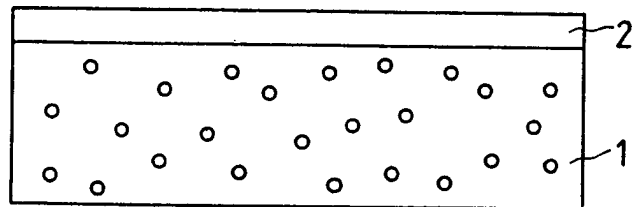


FIG. 1B

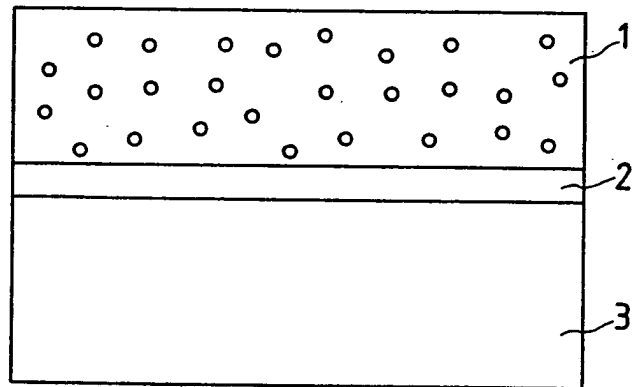


FIG. 1C

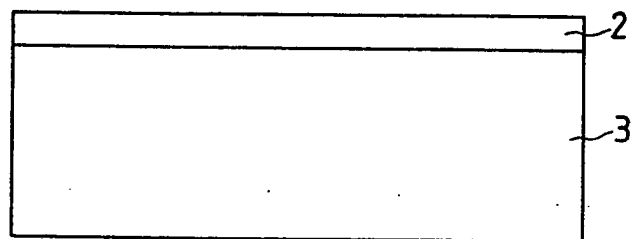
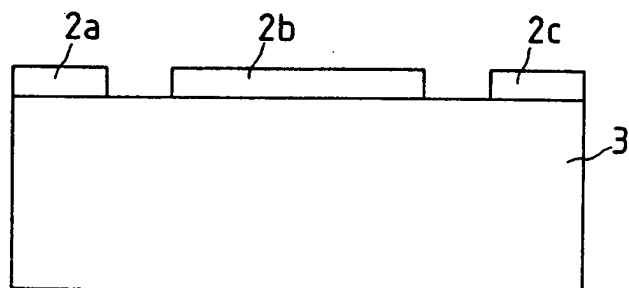
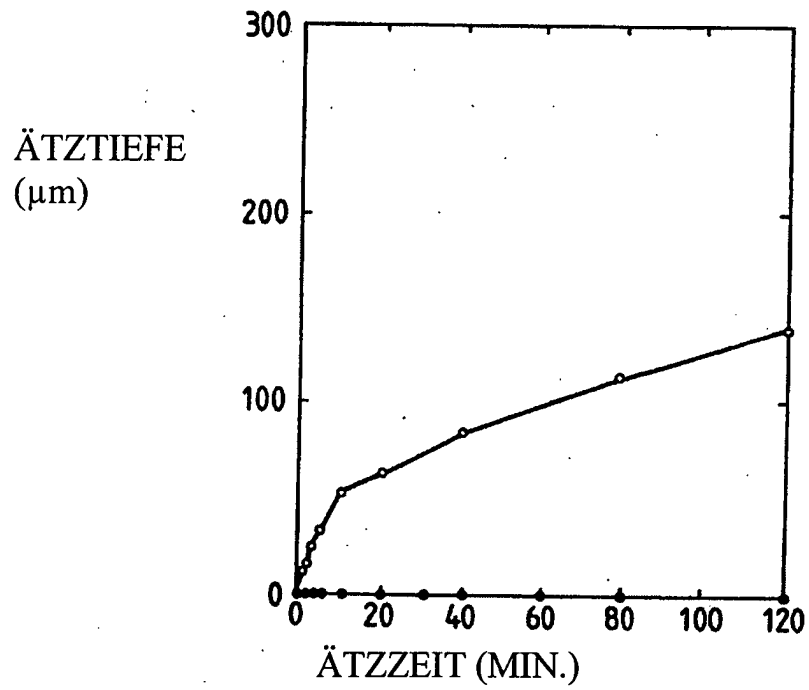


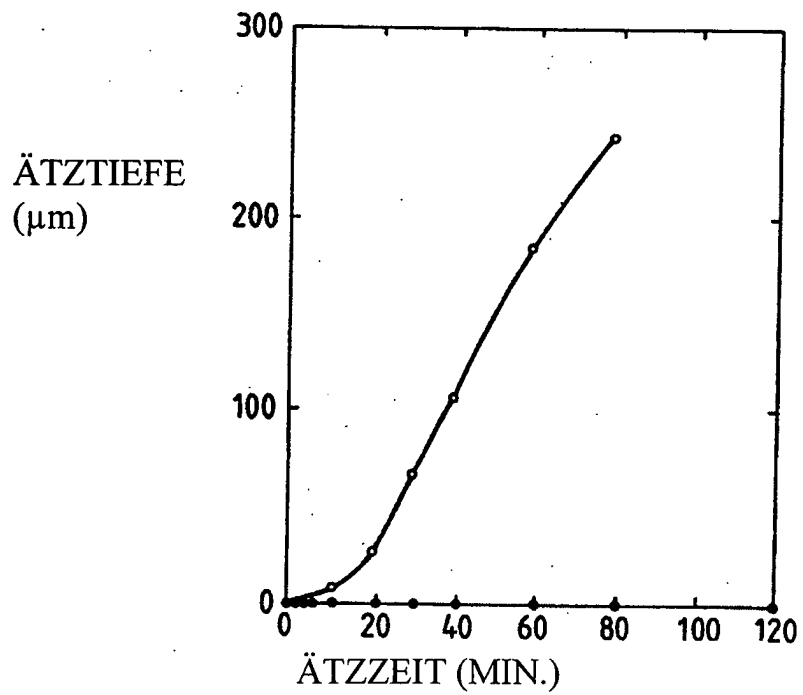
FIG. 1D



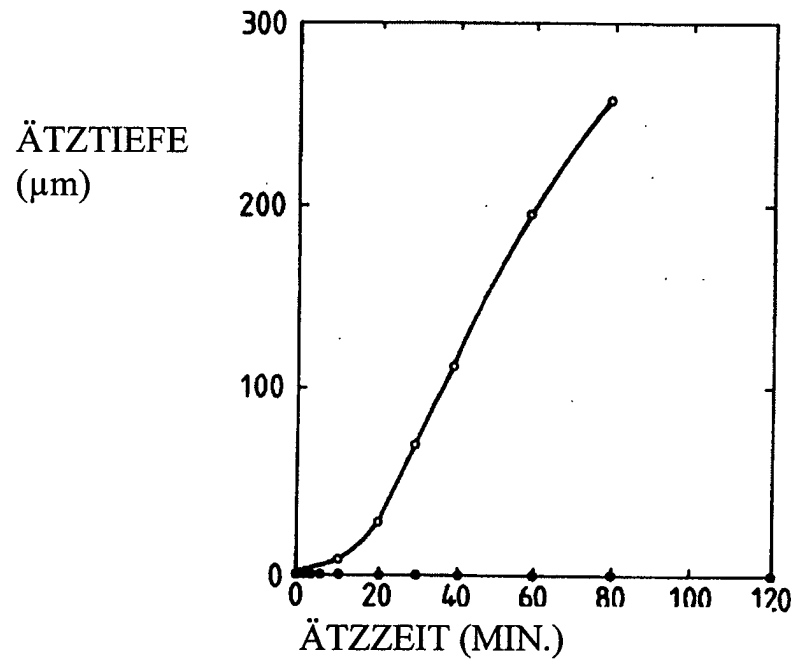
*FIG. 2*



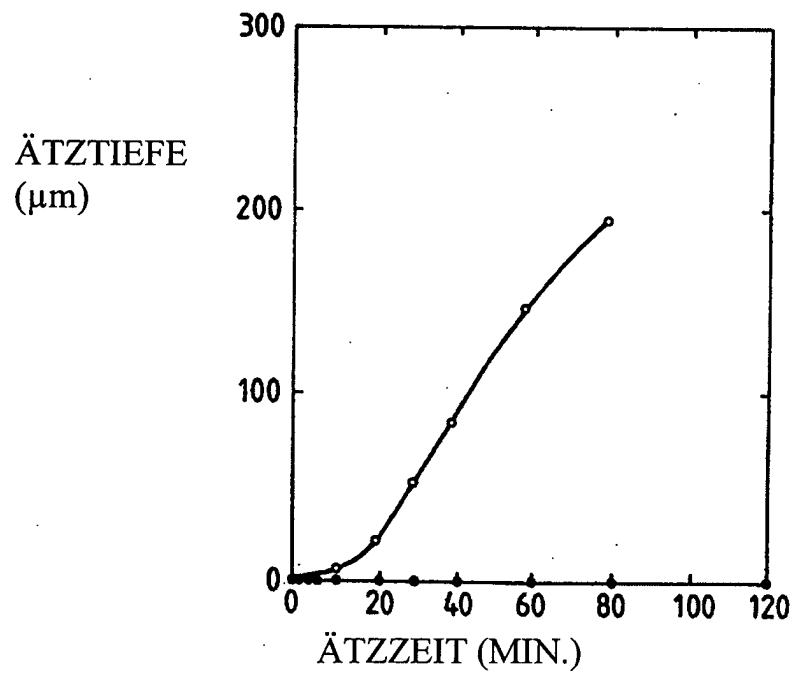
*FIG. 3*



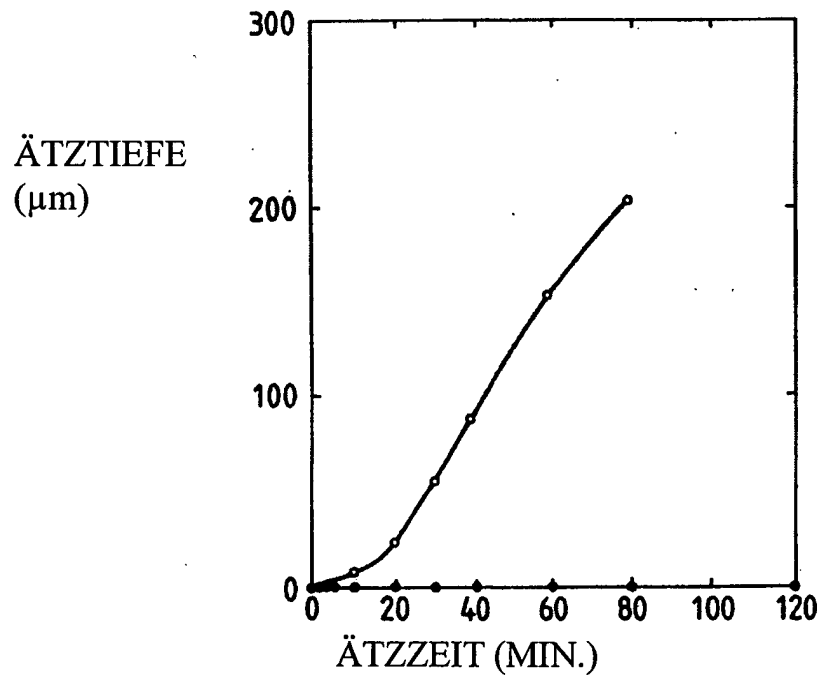
*FIG. 4*



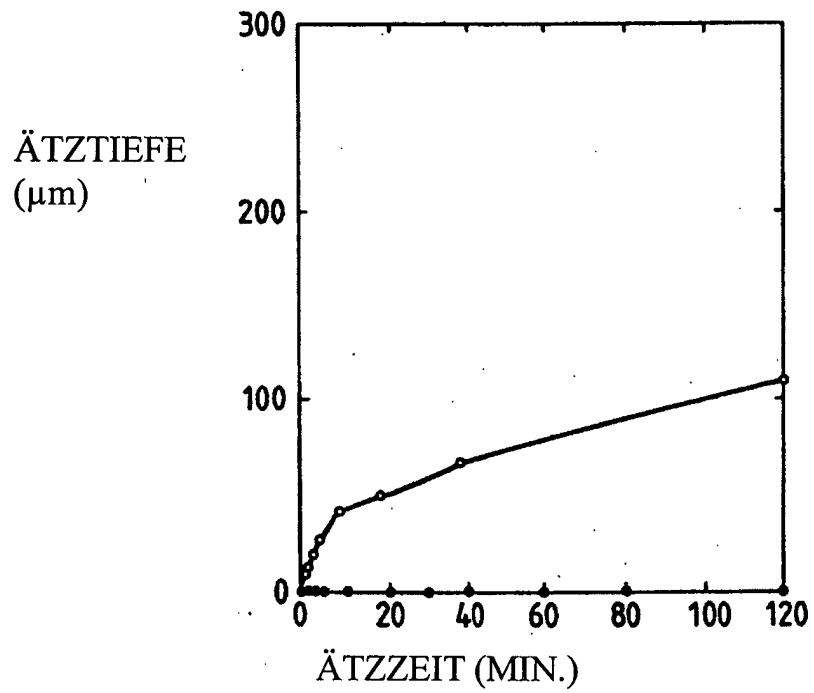
*FIG. 5*



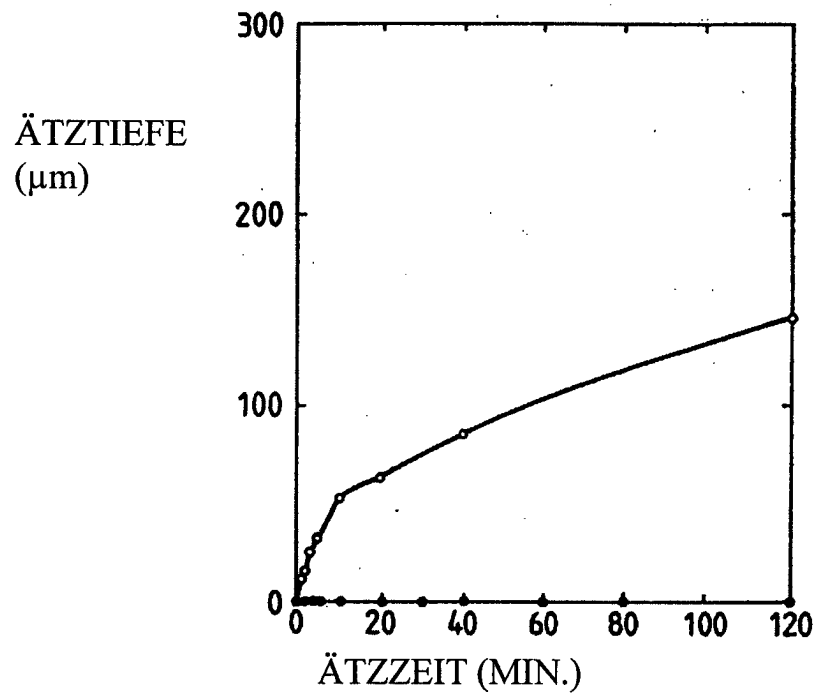
*FIG. 6*



*FIG. 7*



*FIG. 8*



*FIG. 9*

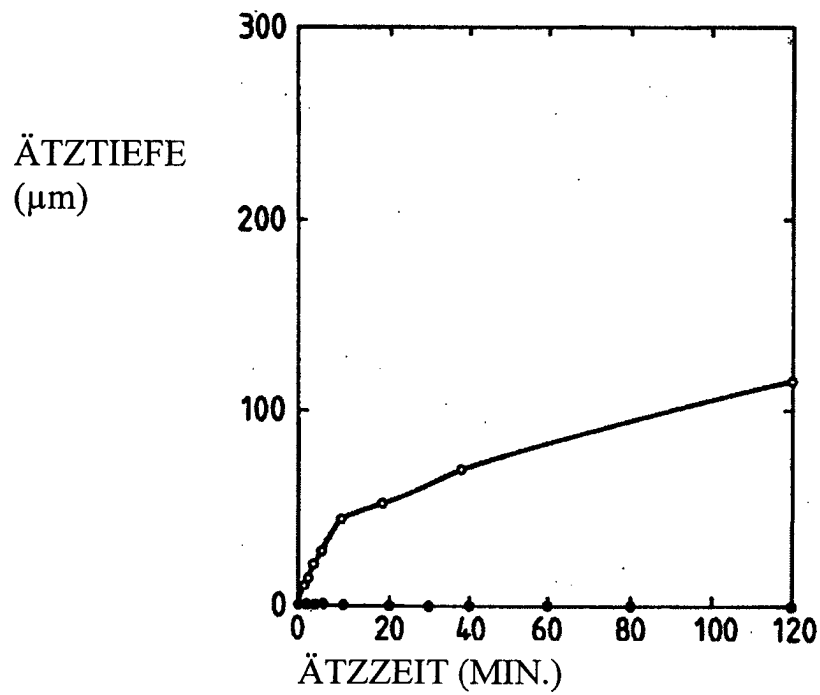


FIG. 10A

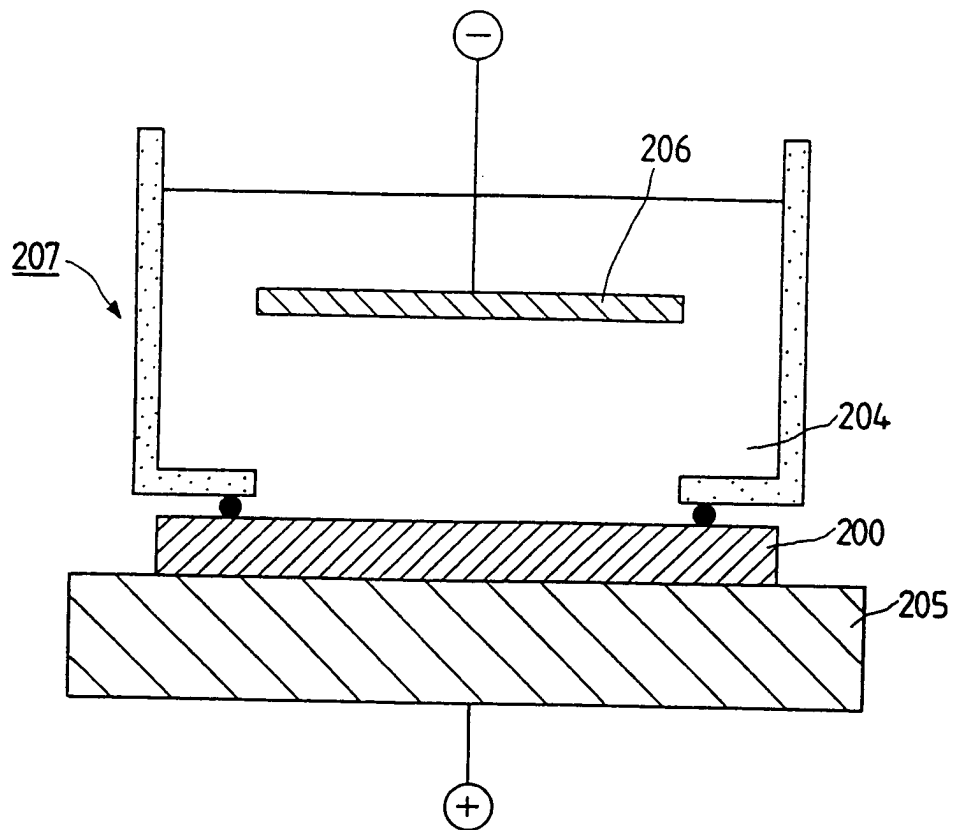


FIG. 10B

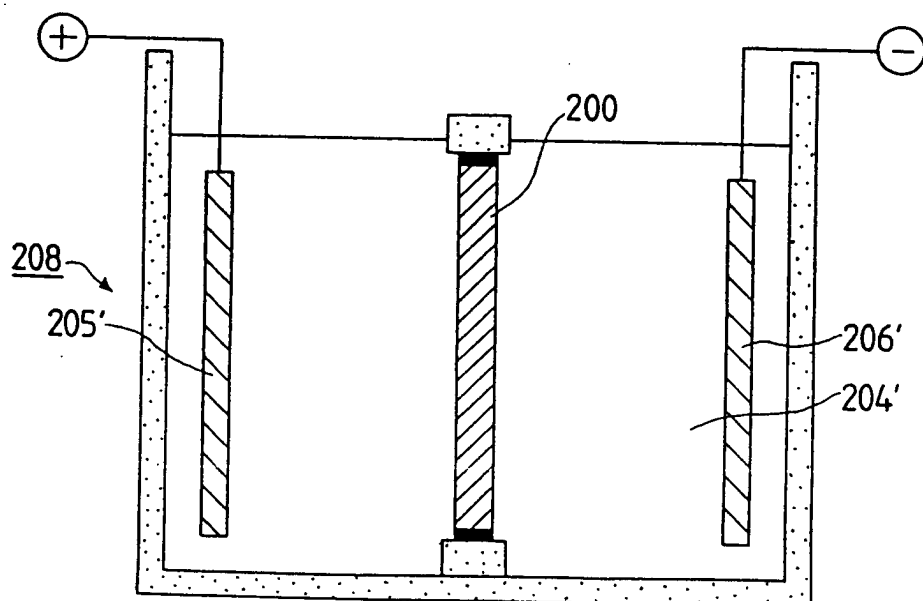




FIG. 11A

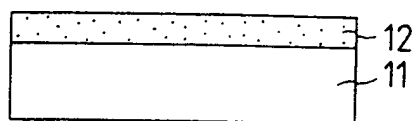


FIG. 11B

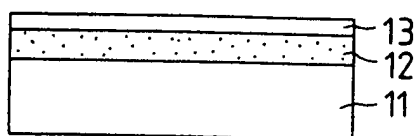


FIG. 11C

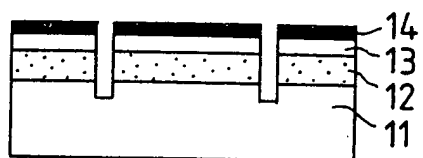


FIG. 11D

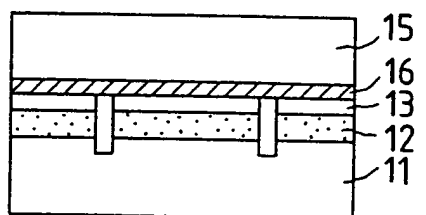


FIG. 11E

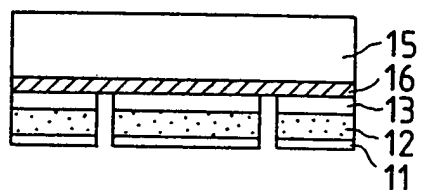


FIG. 11F

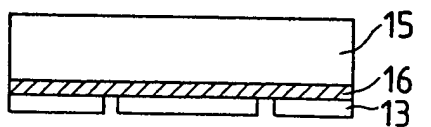
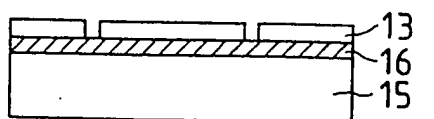
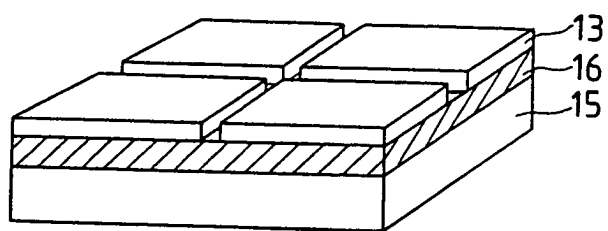


FIG. 11G



*FIG. 12*



*FIG. 13*

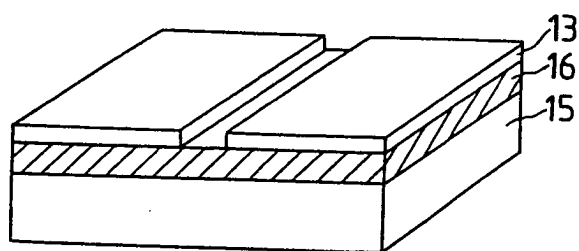


FIG. 14A

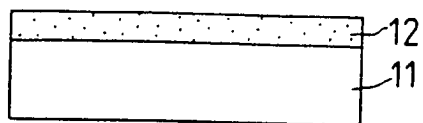


FIG. 14B

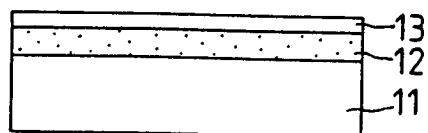


FIG. 14C

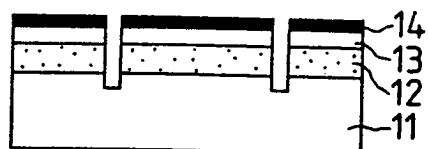


FIG. 14D

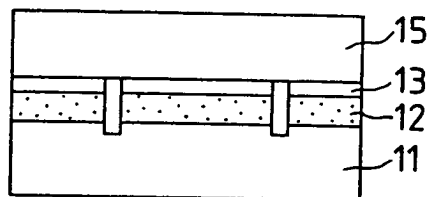


FIG. 14E

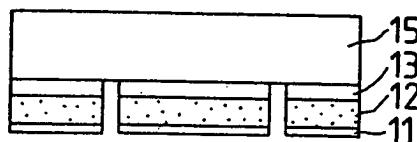


FIG. 14F

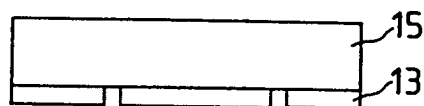
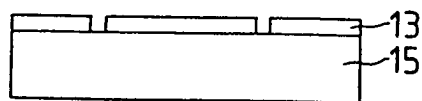
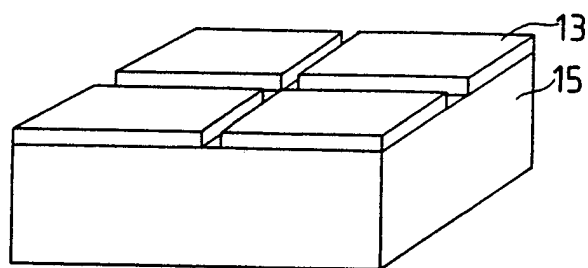


FIG. 14G



*FIG. 15*



*FIG. 16*

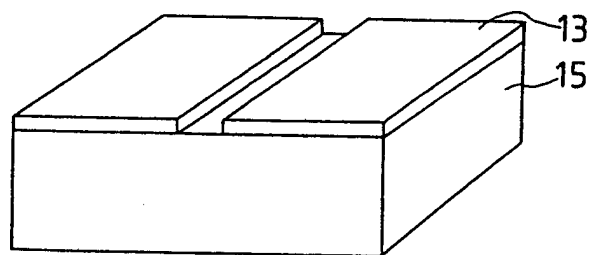


FIG. 17A

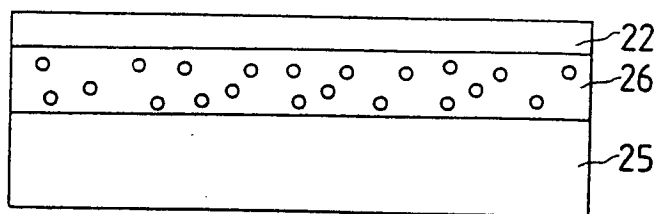


FIG. 17B

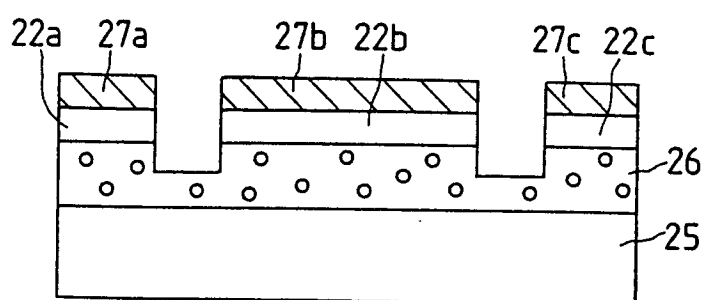


FIG. 17C

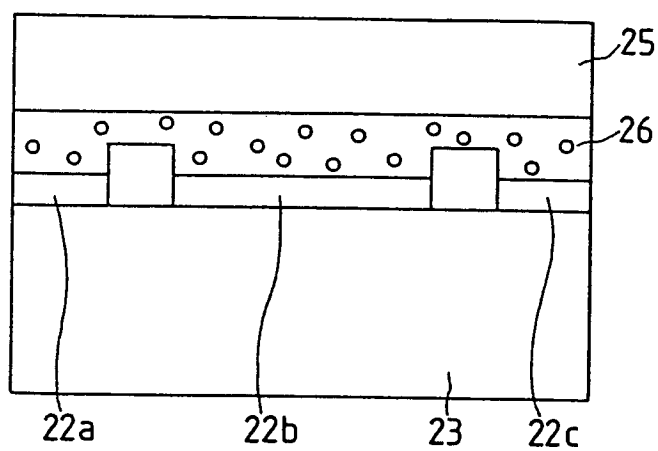


FIG. 17D

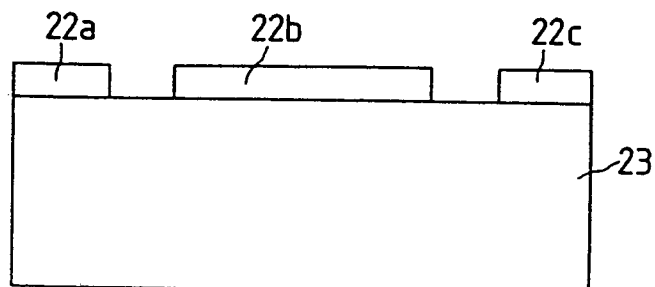


FIG. 18A

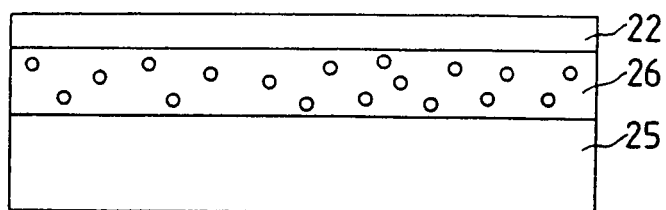


FIG. 18B

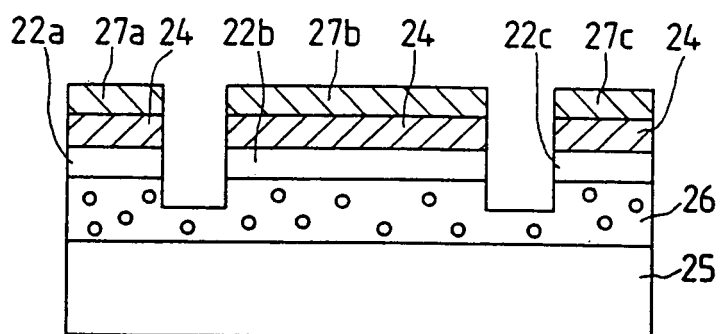


FIG. 18C

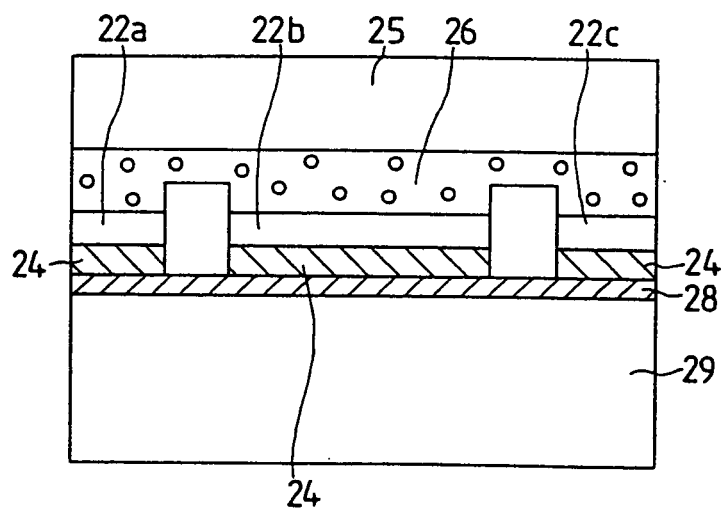


FIG. 18D

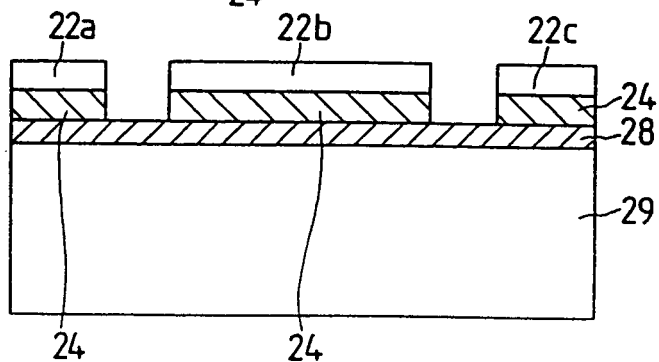


FIG. 19A

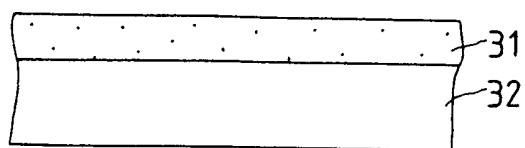


FIG. 19B

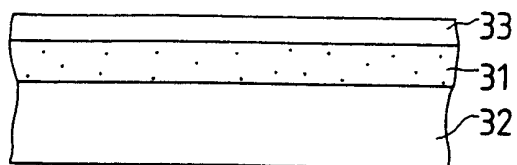


FIG. 19C

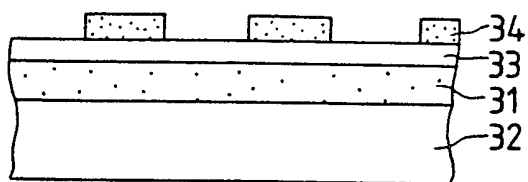


FIG. 19D

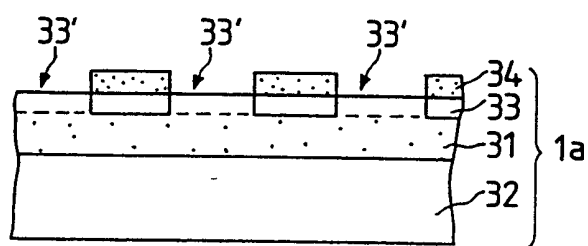


FIG. 19E

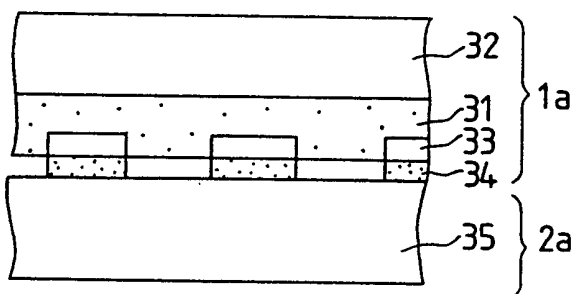


FIG. 19F

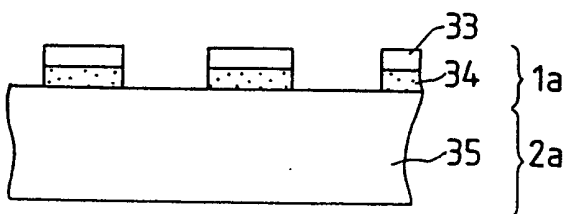
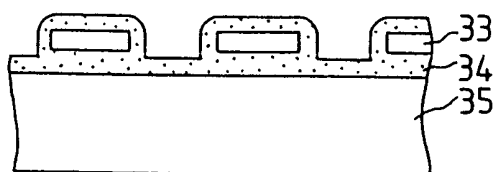
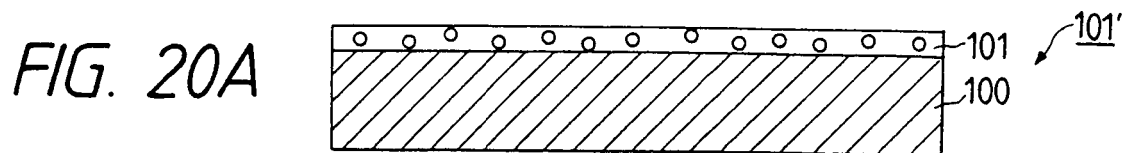


FIG. 19G





OR

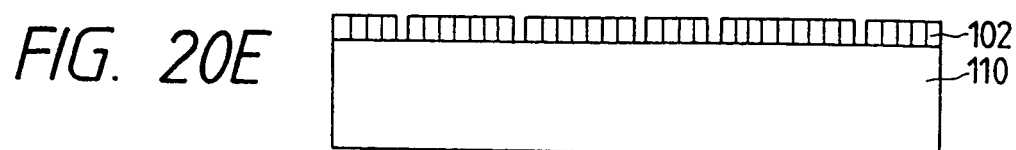
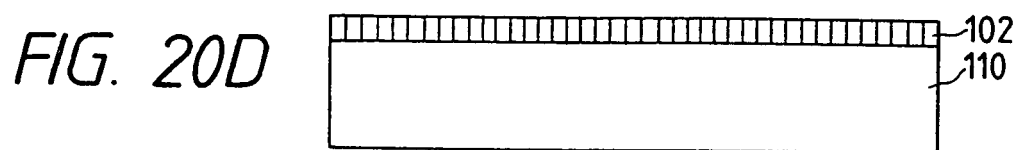
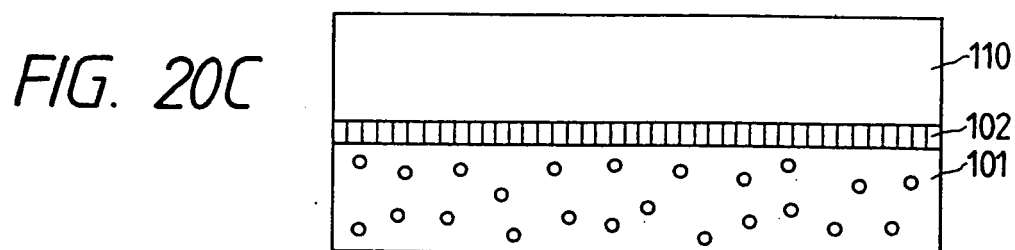
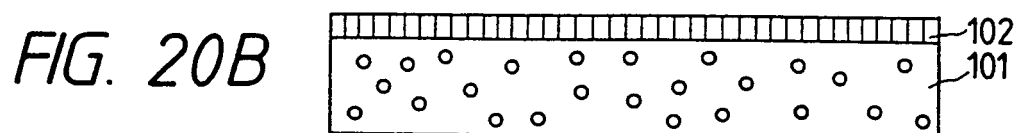
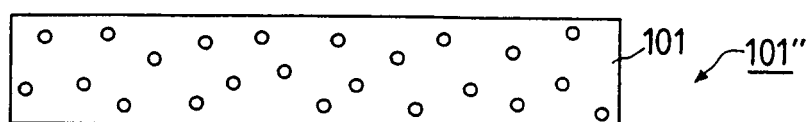




FIG. 21

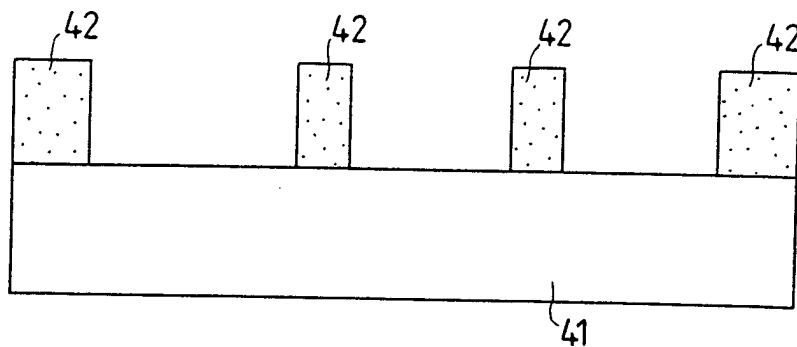


FIG. 22

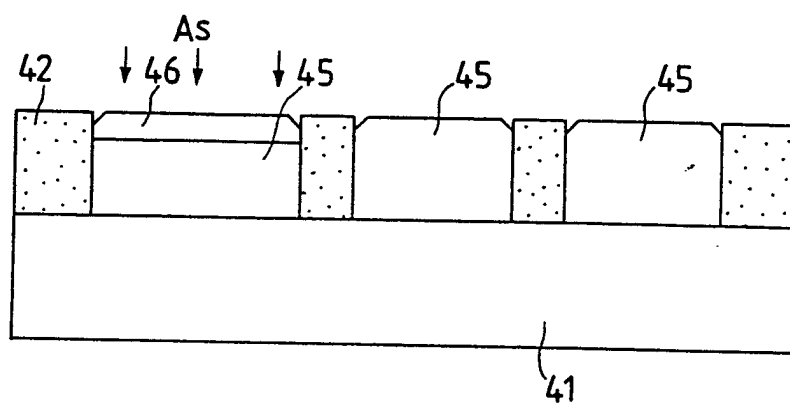


FIG. 23

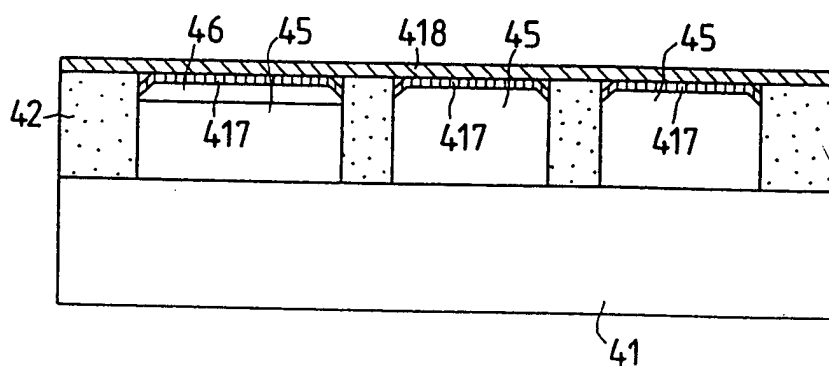


FIG. 24

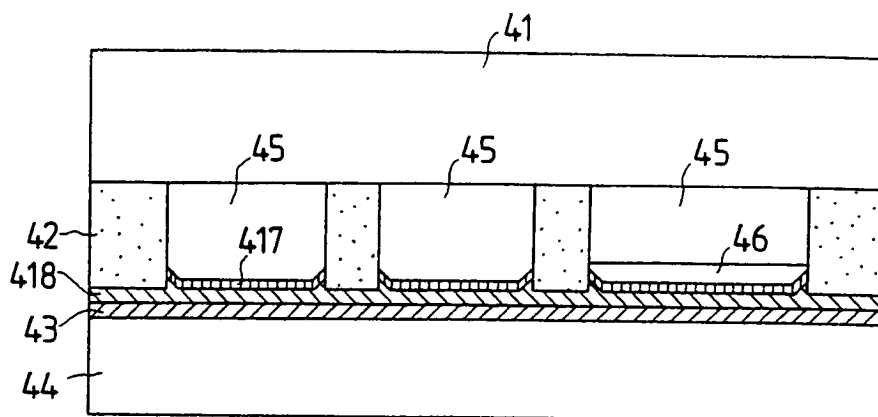


FIG. 25

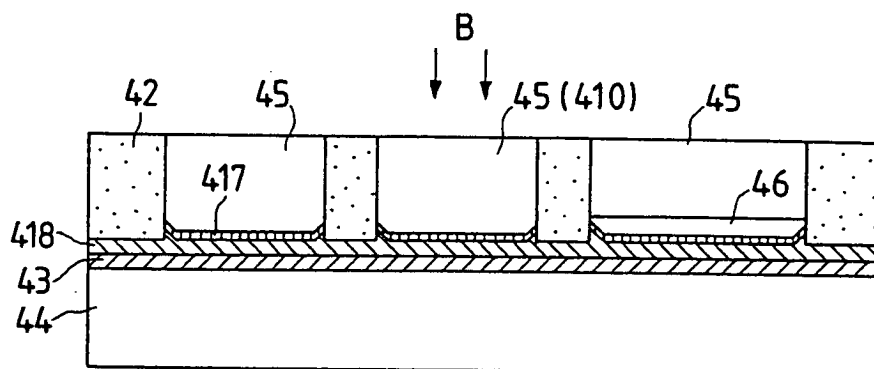


FIG. 26

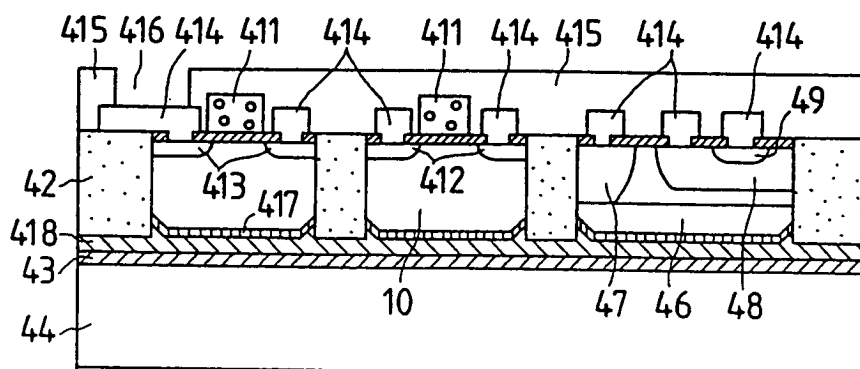


FIG. 27A

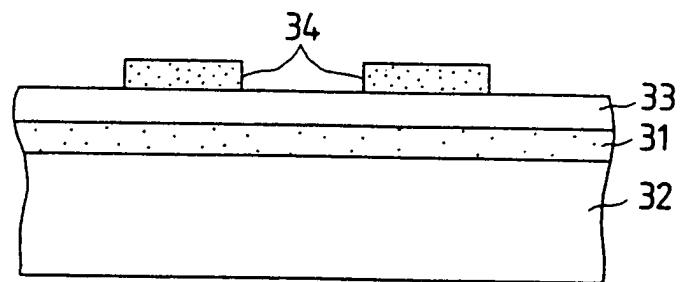


FIG. 27B

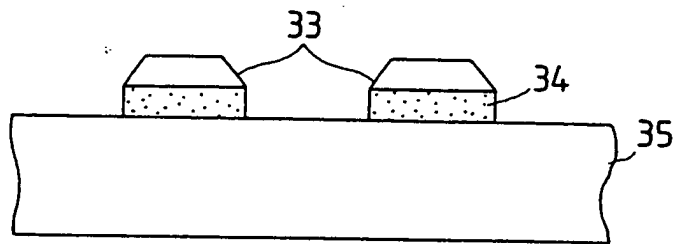


FIG. 27C

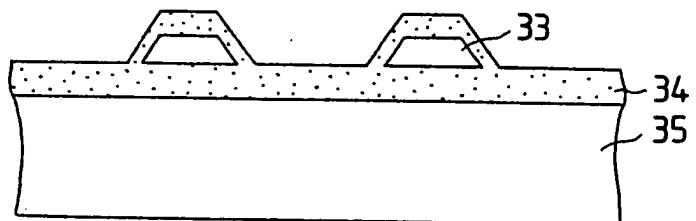


FIG. 28A

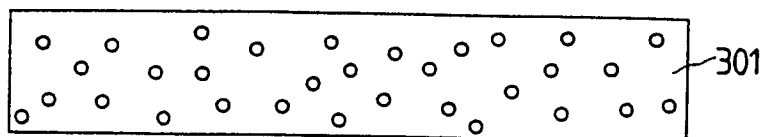


FIG. 28B

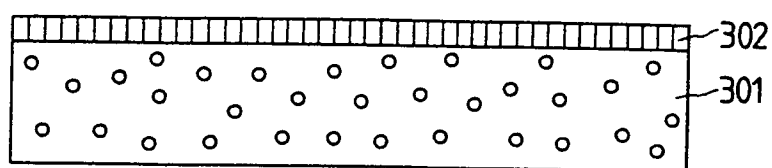


FIG. 28C

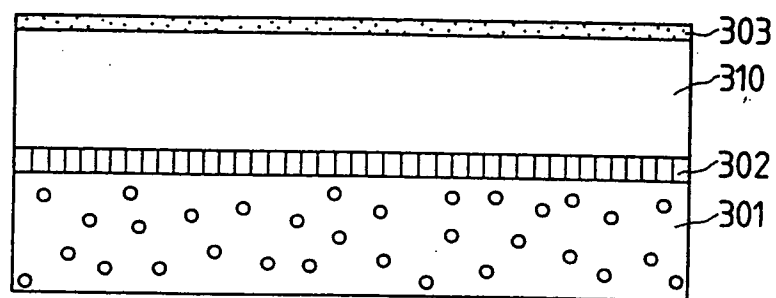


FIG. 28D

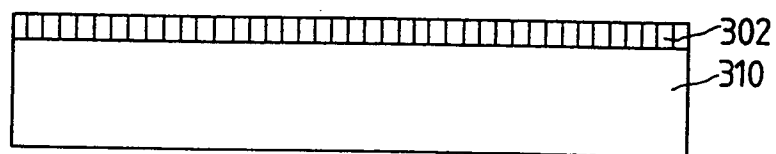


FIG. 28E

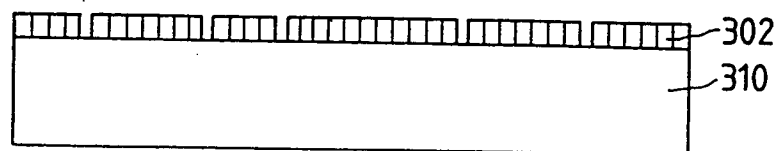


FIG. 29A

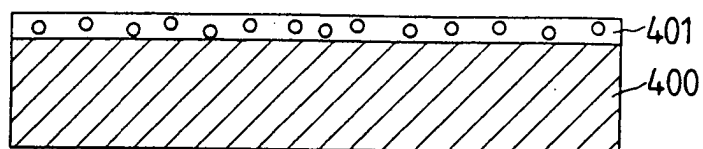


FIG. 29B

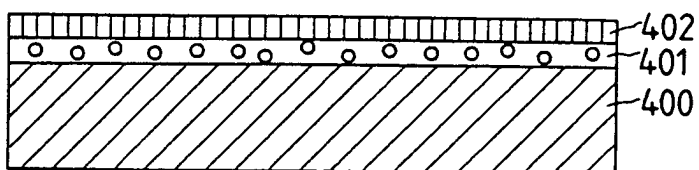


FIG. 29C

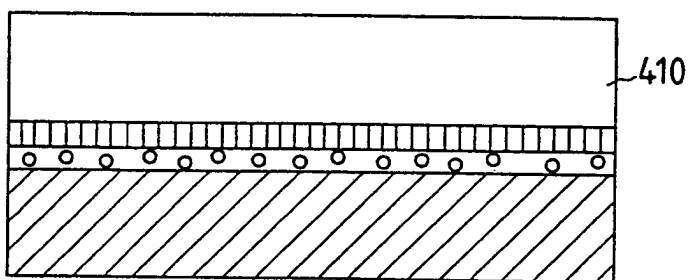


FIG. 29D

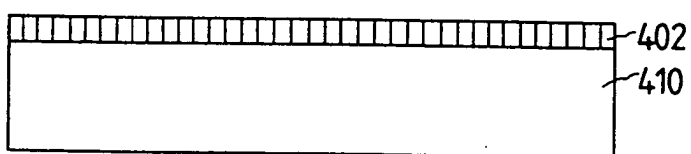


FIG. 29E

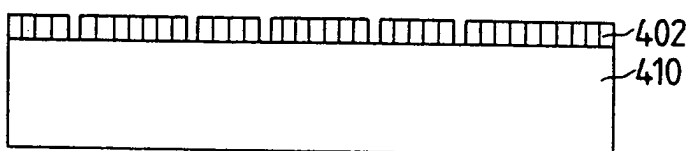


FIG. 30A

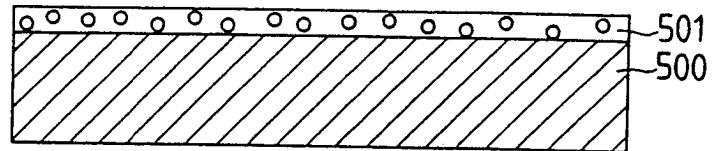


FIG. 30B

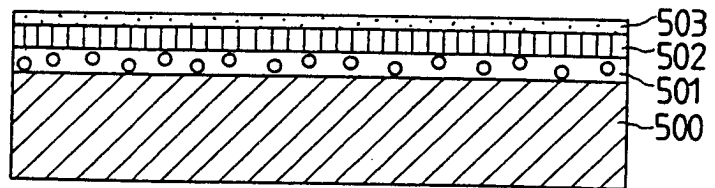


FIG. 30C

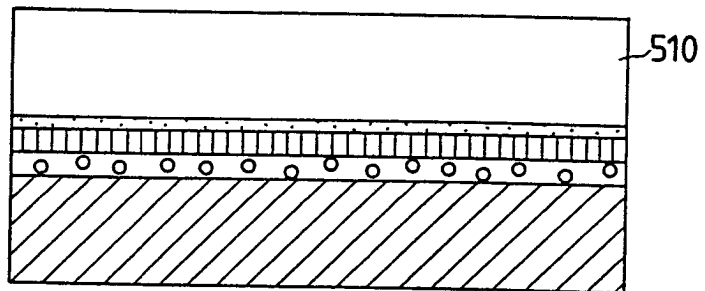


FIG. 30D

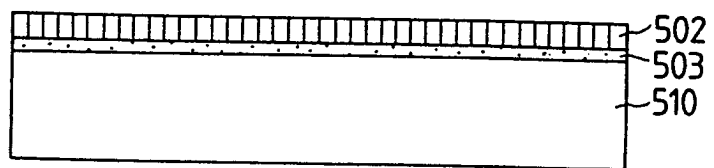


FIG. 30E

